



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**REVISION DE DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO  
(ADOQUIN) DE 17.16 KM DEL EMPALME DE TERRABONA-TERRABONA,  
DEPARTAMENTO DE MATAGALPA UTILIZANDO EL METODO DE LA  
AASHTO 93, EN EL AÑO 2017.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por**

Br. Brenda Lisseth Siles Bellorín  
Br. Lisseth Carolina Sandoval Ibarra

**Tutora**

Ing. Claudia Verónica Reyes Romero

Managua, Junio 2019

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente Trabajo Monográfico primeramente a nuestro Padre Celestial Dios, por darme la fortaleza para llevar a cabo cada una de las actividades diarias y ser fuente inagotable de inspiración, conocimiento y vida.

A mi madre Gregoria Ibarra Méndez, por creer en mí y brindarme el apoyo que necesitaba.

A mis hijos Cristhopher Alexander y Carlos Josué que son mi motor inspirador para seguir adelante.

A mi esposo Carlos Castañeda Ayerdis, que siempre estuvo apoyándome para que yo creciera como persona y que siempre me alentó a cumplir mis metas.

A nuestros profesores, que durante cinco arduos años de estudios dieron su tiempo y dedicación para enseñarnos los fundamentos que durante nuestra carrera profesional tendremos que emplear.

Lisbeth Carolina Sandoval Ibarra

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente Trabajo Monográfico primeramente a Dios, por darme la fortaleza para seguir adelante y ser una fuente inagotable de iluminación, conocimiento y vida.

A mi mamá Yolanda Bellorín Rodríguez, por siempre creer en mí, apoyarme en los momentos más difíciles, por ser una base sólida de confianza y darme el cariño que como persona necesitaba.

A mis hermanos, a mi papá, ya que en todo momento han estado presentes; en mis metas y logros, siendo incondicionales cuando más lo necesitaba.

A nuestros profesores, que durante cinco años de estudios dieron su tiempo y dedicación para enseñarnos los fundamentos necesarios que durante nuestra carrera profesional tendremos que emplear.

Brenda Lisseth Siles Bellorín

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por su infinita bondad y por haberme dado la fuerza necesaria y valor para culminar esta etapa profesional de mi vida y hacer este sueño realidad.

A nuestra tutora Ing. Claudia Verónica Reyes, por su eficaz orientación y continuos aportes que contribuyeron a la calidad de este documento.

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron al desarrollo de este trabajo monográfico.

Liseth Carolina Sandoval Ibarra.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por su infinita bondad y por haberme dado la fuerza y valor para culminar esta etapa profesional de mi vida y hacer este sueño realidad.

A nuestra tutora Ing. Claudia Verónica Reyes, por su eficaz orientación y continuos aportes que contribuyeron a la calidad de este documento.

A mi familia y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron al desarrollo de este trabajo monográfico.

Brenda Lisseth Siles Bellorín

# INDICE DE CONTENIDO

## CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES.

1.1	INTRODUCCION.....	1
1.2	LOCALIZACION DEL PROYECTO.....	3
1.3	ANTECEDENTES.....	4
1.4	JUSTIFICACION.....	5
1.5	OBJETIVOS.....	6
1.5.1	Objetivo general.....	6
1.5.2	Objetivos específicos.....	6
2.1	INTRODUCCION.....	7
2.2	ESTUDIO DE TRÁNSITO.....	8
2.3	ESTUDIO DE CAMPO.....	10
2.3.1	Aforos Vehiculares.....	10
2.4	TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA).....	12
2.4.2	Factores de ajuste para cálculo del TPDA base de las proyecciones de tráfico de diseño.....	13
2.5	PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO.....	15
2.5.1	Tasa de crecimiento.....	15
2.5.2	Producto Interno Bruto (PIB). ....	15
2.5.3	Tasa de crecimiento poblacional (POB).....	17
2.5.4	Crecimiento vehicular.....	18
2.5.5	Proyección del Tránsito Atraído. ....	19
2.5.7	Proyecciones de Tráfico Normal. ....	19
2.6	TRÁNSITO DE DISEÑO.....	20
2.6.1	Periodo de Diseño (n).....	20
2.6.2	Factor de crecimiento (FC).....	21
2.6.3	Factor direccional (FD).....	22
2.6.4	Factor de distribución por carril.....	23
2.6.5	Determinación del tránsito de diseño.....	23
3.2.1	Determinación de Contenido de Humedad.....	25

<b>3.1 ESTUDIO DE SUELO.....</b>	<b>25</b>
<b>3.2 METODOLOGÍA DE SONDEO MANUAL.....</b>	<b>25</b>
3.2.2 Análisis Granulométrico .....	26
3.2.3 Determinación del Limite ATTERBERG .....	26
3.2.3.1 Límite Líquido .....	26
3.2.3.2 Índice Plástico.....	26
3.2.4 Valor Soporte California (CBR) .....	26
<b>3.3 TRABAJO DE CAMPO.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4 TRABAJO DE LABORATORIO.....</b>	<b>36</b>
<b>3.5 DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO.....</b>	<b>37</b>
<b>3.6 ESTUDIOS DE LOS BANCOS DE PRÉSTAMOS.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1 REVISIÓN DE DISEÑO DE PAVIMENTO.....</b>	<b>44</b>
<b>4.2 PROCEDIMIENTO DEL CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LOS ESPESORES DE PAVIMENTO DE ADOQUIN.....</b>	<b>44</b>
4.2.1 Alcance. ....	44
4.2.2 Método de Diseño .....	44
4.2.3 Variables independientes .....	45
4.2.4 Variable dependiente .....	46
<b>4.3 INDICE DE SERVICIABILIDAD.....</b>	<b>46</b>
4.3.1 Serviabilidad inicial.....	46
4.3.2 Serviabilidad final .....	47
4.3.3 Pérdida de serviabilidad ( $\Delta$ PSI).....	47
<b>4.4 ANALISIS DE CARGAS Y EJES EQUIVALENTES PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO.....</b>	<b>47</b>
<b>4.5 CONFIABILIDAD (R).....</b>	<b>50</b>
<b>4.6 DESVIACIÓN ESTÁNDAR (So).....</b>	<b>50</b>
<b>4.7 COEFICIENTE DE DRENAJE.....</b>	<b>52</b>
<b>4.8 MODULO RESILIENTE (MR).....</b>	<b>52</b>
4.8.1 Cálculo para determinar el módulo de resiliencia, para CBR de 3.5 % en la sub-rasante.....	53

<b>4.9 COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA.....</b>	<b>53</b>
<b>4.9.1 Coeficiente estructural de la carpeta (Adoquín) a1 .....</b>	<b>53</b>
<b>4.9.2 Coeficiente estructural para base granular a2.....</b>	<b>54</b>
<b>4.9.3 Coeficiente estructural para Sub - base a3.....</b>	<b>54</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Conteo vehicular clasificado (12hr diurno), porcentaje por tipo de vehículo direccional, período 16/06/2017 al 20/06/2017.....	10
Tabla 2. Conteo vehicular en ambos sentidos por tipo de vehículo, período 16/06/2017 al 20/06/2017.....	11
Tabla 3. Factor de proyección, Estación de mayor cobertura 1802 “San Marcos – Masatepe “ .....	13
Tabla 4. Cálculo de transito promedio diario anual (TPDA).....	14
Tabla 5. Tasa de crecimiento poblacional de Terrabona.....	17
Tabla 6. Datos históricos del TPDA “Ciudad Darío – Terrabona.....	18
Tabla 7. Período de diseño.....	21
Tabla 8. Factor de distribución por dirección (FD).....	22
Tabla 9. Factor de distribución por carril.....	23
Tabla 10. Cálculo de Tránsito de diseño.....	24
Tabla 11. Sondeo realizados de línea.....	28
Tabla 12. Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO, Est: 0+000-Est: 3+600...	29
Tabla 13. Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO, Est: 3+700-Est: 5+900...	30
Tabla 14. Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO, Est: 6+000-Est: 11+900...	31
Tabla 15. Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO, Est: 11+900-Est: 17+163.	32
Tabla 16. Tipos de pruebas según las normas de ensayo.....	36
Tabla 17. Criterios para determinar CBR.....	37
Tabla 18. Valores de CBR.....	38
Tabla 19. Listado de Bancos de materiales.....	40
Tabla 20. Tipos de pruebas según las normativas.....	41
Tabla 21. Especificaciones para materiales de sub-base y base.....	42
Tabla 22. Requerimientos que deben cumplir los bancos de materiales.....	43
Tabla 23. Cálculo de ESAL's de diseño.....	49
Tabla 24. Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO, para clasificaciones funcionales diferentes.	

Tabla 25. Desviación estándar para pavimentos flexibles.....	51
Tabla 26. Desviación estándar y factor de seguridad.....	51
Tabla 27. Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles.....	52
Tabla 28. Resumen de las variables para el cálculo de los espesores de las capas	53
Tabla 29. Conteo Vehicular clasificado de 12hr del 16/06/2017 al 20/06/2017.....	II
Tabla 30. Clasificación de suelos, según AASHTO.....	XXIV
Tabla 31. Clasificación de suelos, según SUCS.....	XXV
Tabla 32. Resultados de los ensayos de suelo .....	XXVI
Tabla 33. Resultados de CBR por índice de grupos .....	XLII
Tabla 34. Resultados de ensayos de los Bancos de Materiales.....	XLV
Tabla 35. Pesos máximos permisibles por tipos de vehículos.....	XLVII
Tabla 36. Factores equivalentes de cargas para pavimento flexible ejes simples pt=2, SN=5.....	XLVIII
Tabla 37. Factores equivalentes de cargas para pavimento flexible ejes tandem pt=2, SN=5.....	XLIX

## INDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b> Crecimiento económico del país.....	14
<b>Imagen 2.</b> Crecimiento porcentual del PIB.....	14

## INDICE DE GRÁFICO

<b>Gráfico 1.</b> Determinación del CBR de la subrasante.....	39
---	----

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Macro localización.....	3
Figura 2. Micro localización.....	3
Figura 3. Tipología y descripción vehicular de conteo de tráfico del sistema de administración de pavimentos.....	I
Figura 4. Estratigrafía de suelo .....	VII
Figura 5. Diagrama de cargas permisibles aplicadas en los puntos de control....	XLVI
Figura 6. Nomograma relación entre el coeficiente estructural para base granular y distintos parámetros resistentes.....	L
Figura 7. Nomograma relación entre el coeficiente estructural para sub-base.....	LI
Figura 8. Diseño de número estructural SN.....	LII

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio muestra la información básica y los criterios necesarios para el diseño de la estructura de pavimento con adoquín aplicando el método AASHTO-93. En este trabajo se abordaron cinco capítulos; donde cada uno está constituido por un tema específico.

**Capítulo I Aspectos Generales:** Este capítulo aborda las generalidades del tema; tales como: introducción, antecedentes, justificación y objetivos.

**Capítulo II Estudio de Tránsito:** En este capítulo se realizó un aforo vehicular en el cual se presenta el estudio y análisis del tránsito, necesario para determinar el número ESAL's. Describe la recopilación de datos, clasificación de vehículos, clasificación del tipo de vehículo de acuerdo con la disposición de sus ejes, procesamiento de la información, tasas de crecimiento, período de diseño, proyección del tránsito, tránsito Inicial en el año 0, factor de crecimiento, factor de distribución direccional, factor carril, tránsito en el año (n).

**Capítulo III Estudio de Suelo:** Se presenta la información sobre el estudio de suelo brindado por EDICRO S.A, donde se analizaron las características físico-mecánicas de los suelos de línea y de los bancos, para la determinación de su utilidad en la vía como base, sub-base y subrasante que soportarán las cargas a las que serán sometidas, inducidas por la cantidad de ejes equivalentes de diseño.

**Capítulo IV Revisión de Diseño:** Este capítulo comprende el diseño de pavimento articulado; de forma manual, en el cual se realizó el cálculo de los espesores de cada capa que conforman el pavimento. A la vez se detalla el procedimiento para seleccionar los parámetros de diseño tales como: Ejes equivalentes de diseño, confiabilidad, serviciabilidad, desviación estándar y el CBR de diseño; el cual sirvió como base para determinar el módulo de resiliencia y el valor de los coeficientes estructurales.

Posteriormente se determinaron los espesores requeridos en la estructura de pavimento; para lo cual se implementó la comprobación con el programa Pavement Analysis Software Pavement Desing.

**Conclusiones y Recomendaciones:** Se abordan las conclusiones de los cálculos realizados y las recomendaciones generales que se deben de tomar en cuenta para la buena ejecución de la obra.

**Anexos:** Se complementa toda la información utilizada en el desarrollo del proyecto.

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

**AASHTO:** Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportación.

**ASTM:** Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (Ing. American Society For Testing and Materials).

**$\Delta$ PSI:** Pérdida de Serviciabilidad

**CBR:** California Bearing Ratio.

**ESAL:** Ejes de Cargas Estándar Equivalentes.

**FC:** Factor de Crecimiento

**FD:** Factor de Distribución Direccional

**Fc:** Factor Carril

**GC:** Grava arcillosa. Clasificación SUCS de los suelos.

**IMS:** Ingeniería de Materiales y Suelos. Laboratorio de suelos.

**INEC:** Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos.

**INIDE:** Instituto Nacional de Información de Desarrollo.

**MR:** Módulo Resiliente de la subrasante

**MTI:** Ministerio de Transporte e Infraestructura.

**PIB:** Producto Interno Bruto.

**PSI=** Libras por pulgada cuadrada.

**SN=** Coeficiente estructural.

**SIECA:** Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos).

**So:** Desviación estándar del sistema

**SUCS:** Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

**TPD:** Tránsito Promedio Diario.

**TPDA:** Tránsito Promedio Diario Anual.

**VPD:** Volumen Promedio Diario.

**Wt18:** Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 kN acumuladas en el período de diseño (n).

**ZR:** Valor del desviador en una curva de distribución normal

## GLOSARIO

**Adoquín.** Piedra labrada, concreto u otro material en forma de un prisma para uso en pavimentos.

**Adoquinado.** Tipo de pavimento cuya superficie de rodadura está formada por adoquines.

**Aglomerante.** Material capaz de unir partículas de material inerte por efectos físicos o transformaciones químicas o ambas.

**Agregado.** Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

**Arcillas.** Partículas finas con tamaño de grano menor a 2  $\mu\text{m}$  (0,002 mm) provenientes de la alteración física y química de rocas y minerales.

**Arena.** Partículas de roca que pasan la malla N° 4 (4,75 mm.) y son retenidas por la malla N° 200.

**Banco de materiales.** Material que se encuentra en depósitos naturales y usualmente mezclado en mayor o menor cantidad con material fino (arenas, arcillas) que da lugar a bancos de gravas arcillosas, gravas arenosas.

**Base.** Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una sub-base o de la sub-rasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños. La base es parte de la estructura de un pavimento.

**Calicata.** Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

**Carretera.** Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes e Infraestructura.

**Carril.** Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

**CBR (California Bearing Ratio).** Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.

**Cemento portland.** Es un producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de yeso natural.

**Cimentación.** Parte de una estructura que transmite cargas al terreno de fundación.

**Cohesión.** La resistencia al corte de un suelo, a una tensión normal.

**Compactación.** Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de suelos, mezclas bituminosas, morteros y concretos frescos de cemento Portland.

**Concreto.** Mezcla de material aglomerante y agregados fino y grueso. En algunos casos se agrega aditivos para proporcionarle cualidades que no poseen y en otros para mejorar los que poseen.

**Derecho de vía.** Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario. Su ancho se establece mediante resolución del titular de la autoridad competente respectiva.

**Eje de la carretera.** Línea longitudinal que define el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. Para el caso de autopistas y carreteras duales el eje se ubica en el centro del separador central.

**Estabilización de suelos.** Mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos.

**Estudio de suelos.** Documento técnico que engloba el conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tiene por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las sollicitaciones de carga.

**Flujo de tránsito.** Movimiento de vehículos que se desplazan por una sección dada de una vía, en un tiempo determinado.

**Grava.** Agregado grueso, obtenido mediante proceso natural o artificial de los materiales pétreos.

**Impermeabilidad.** Capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso de aire y agua dentro o a través del mismo.



**Inestabilidad.** Pérdida de resistencia a las fuerzas que tienden a ocasionar movimiento o distorsión de una estructura del pavimento.

**Límite líquido.** Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

**Límite plástico.** Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.

**Limos.** Partículas de roca o minerales cuyas dimensiones están entre 0,02 y 0,002 mm.

**Malla.** Abertura cuadrada de un tamiz.

**Módulo resiliente (Suelos).** Esfuerzo repetido axial de desviación de magnitud, duración y frecuencias fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado.

**Muestreo.** Investigación de suelos, materiales, asfalto, agua etc., con la finalidad de definir sus características y/o establecer su mejor empleo y utilización.

**Paso de peatones.** Zona transversal al eje de una vía, destinada al cruce de peatones mediante regulación de la prioridad de paso.

**Pavimento.** Estructura construida sobre la sub-rasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: sub-base, base y rodadura.

**Pavimento articulado.** Son los que están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado llamado adoquín.

**Pavimento flexible.** Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivo.

**Permeabilidad.** Capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.

**Rasante.** Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.

**Red vial.** Conjunto de carreteras que pertenecen a la misma clasificación funcional (Nacional, Departamental o Regional y Vecinal o Rural)

**Sub-base.** Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base.

**Subrasante.** Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

**Talud.** Inclinação de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes.

**Tamiz.** Aparato, en un laboratorio, usado para separar tamaños de material, y donde las aberturas son cuadradas.

**Tramo.** Parte continúa de una carretera.

**Tránsito.** Circulación de personas y vehículos que circulan por una vía

**Usuario.** Persona natural o jurídica, pública o privada que utiliza la vía pública.

**Vehículo.** Cualquier componente del tránsito cuyas ruedas no están confinadas dentro de rieles.

**Vehículo liviano.** Vehículo automotor de peso bruto mayor a 1,5 t hasta 3,5 t.

**Vehículo pesado.** Vehículo automotor de peso bruto mayor a 3,5 t

**Velocidad de diseño.** Máxima velocidad con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto.

**Velocidad de operación.** Máxima velocidad autorizada para la circulación vehicular en un tramo o sector de la carretera.

**Vía.** Camino, arteria o calle.

**Vía urbana.** Arterias o calles conformantes de un centro poblado.

**Vida útil.** Lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido.

# CAPITULO I

## ASPECTOS GENERALES

## **1.1 INTRODUCCION**

Los pavimentos articulados (adoquín) están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada por bloques de concretos prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí, ésta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual a la vez se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de ésta, de la magnitud y frecuencia de las cargas que circulan por dicho pavimento.

Los adoquines de concreto son elementos individuales que colocados en un patrón definido constituyen un pavimento articulado de grandes ventajas constructivas y por la calidad que se exige a los adoquines de concreto en los proyectos de calles o carreteras, se garantiza su durabilidad y resistencia a la abrasión del tránsito y la intemperie.

El proyecto en estudio tiene el propósito de mejorar las condiciones viales de la carretera Empalme Terrabona – Terrabona departamento de Matagalpa, diseñando un proyecto de pavimento articulado de 17.16 km de sus vías de acceso, para contar con una mejor comunicación con el Caribe nicaragüense.

El Municipio de Terrabona cuenta con una cabecera municipal del mismo nombre y 13 Comarcas, subdivididas en 52 comunidades. Un promedio de 6.33 habitantes por viviendas, mientras que el de familias por vivienda es de 1.27, es decir, existe un promedio de 79 viviendas por cada 100 familias.

Actualmente el municipio cuenta con 7 unidades de transporte colectivo intermunicipal, los que se encuentran en regular estado, 3 viajan a Matagalpa, 2 a Ciudad Darío y 2 a Managua.

Estos suelos presentan buenas características los cuales son aptos para: cultivos anuales: maíz, arroz, frijoles, sorgo. Hortalizas: tomates, cebolla, chiltoma, apio, remolacha, zanahoria, lechuga, repollo. semi-perennes: musáceas, caña de azúcar, piña, perennes: cacao, canela, cítricos, frutales, pastos, bosques de explotación y ocupan una superficie equivalente a 20% del municipio.

La revisión de este diseño mejorará las vías de acceso a la población y asegurará una eficiente contribución a la economía del municipio en el proceso del desarrollo nacional.

## 1.2 LOCALIZACION DEL PROYECTO

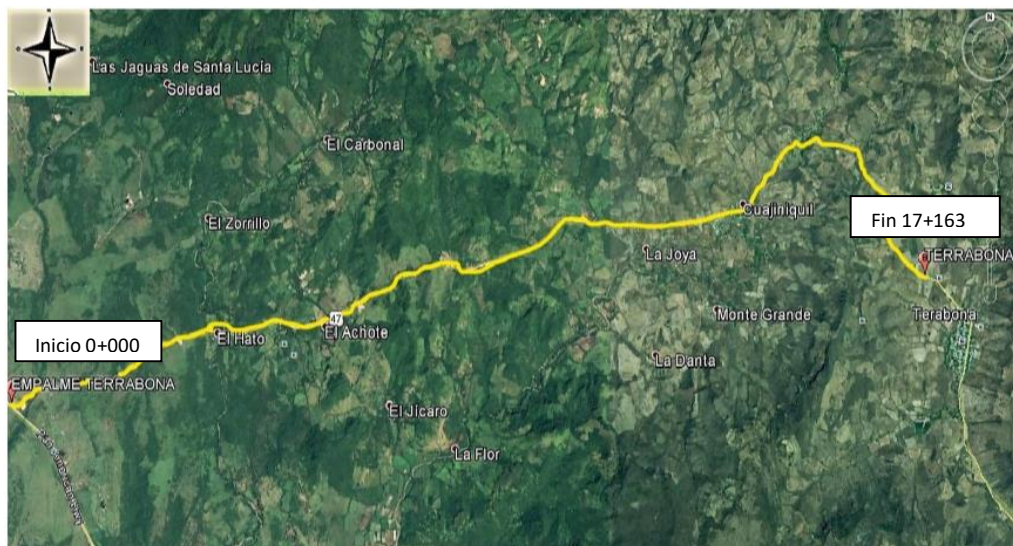
El tramo de carretera se encuentra ubicado en el municipio de Terrabona, departamento de Matagalpa, ubicada a 90 km de la capital Managua y se ubica entre las coordenadas 12°43' Latitud Norte y 85°58' Longitud Oeste. Superficie de 248.89 Km<sup>2</sup> y Altitud de 540 msnm.

Figura 1. Macro localización



Fuente: Map Google Earth

Figura 2. Micro localización



Fuente: Map Google Earth

### 1.3 ANTECEDENTES

El proyecto se ubica en la región VI de nuestro país, específicamente en el departamento de Matagalpa y comunica los municipios de TERRABONA con CIUDAD DARIO. Esta última se encuentra ubicada a 90 km de la capital Managua, entre las coordenadas 12°43' Latitud Norte y 86°07' Longitud Este. El Municipio de TERRABONA está ubicado en el sector suroeste del Departamento de Matagalpa, a 116 km de la capital Managua y a 62 km de su cabecera departamental. Se sitúa entre las coordenadas 12°43' latitud Norte y 85°58' longitud Oeste.

Este tramo de carretera tiene una longitud de 17.16 km. Tiene su inicio en la estación 0+000 en la intersección con la NIC-1 en el kilómetro 87+445 en el Empalme de Terrabona y finaliza en la entrada al municipio de Terrabona con coordenadas de inicio UTM Zona 16 (1461598, 596424), el final del proyecto es la entrada de Terrabona en la Est: 17+163 (donde inicia el adoquinado). En su recorrido atraviesa las comunidades El Hato, Cuajiniquil, El Achote, La Joya, Ojo de Agua, y Matapalo. (Ver figura 1 y 2 pág. 3)

Altimétricamente la vía discurre por un terreno montañoso con constantes subidas y bajadas. El trazado horizontal de la vía, presenta un total de 133 curvas con radios bastantes reducidos en algunos sectores. Existe un alineamiento vertical superior al 12% lo que genera problemas principalmente de visibilidad y pérdida de trazado. La sección del derecho de vía existente varía ente los 11 a 20 m. La superficie de la carretera está formada, por material de terracería, proveniente de bancos existentes en la zona. El ancho de rodamiento es variable y fluctúa entre los 4 a 6 m.

El diseño existente es una estructura de pavimento de adoquinado, que está conformado por: rodamiento adoquín (10 cm), cama de arena (5 cm), base granular (43 cm), sub-base (30 cm), dando un espesor total de 88 cm. En la revisión de este diseño se revisará cada una de las capas que conforman la estructura.

## **1.4 JUSTIFICACION**

El tramo Empalme de Terrabona – Terrabona, corresponde a un tramo de carretera como Colectora Rural. Este proyecto pretende darle continuidad al proceso de desarrollo en infraestructura como son los proyectos de adoquinado en el país y así aumentar el desarrollo económico en esta zona; ya que esta carretera se conecta con el Caribe Nicaragüense y es una de las vía de comunicación terrestre más importante para el desarrollo económico que posee nuestro país.

El proyecto en estudio tiene el propósito de mejorar las condiciones viales de la carretera Empalme Terrabona – Terrabona departamento de Matagalpa, diseñando un proyecto de pavimento articulado de 17.16 km de sus vías de acceso, para contar con una mejor comunicación con el Caribe Nicaragüense.

El diseño de este proyecto vendrá a mejorar el estado y la calidad de vida de la población del departamento de Matagalpa y principalmente de la carretera Terrabona – Terrabona, procurando así asegurar al mismo tiempo una efectiva y eficiente contribución a la economía del municipio en el proceso del desarrollo nacional.

Cuando se quiere generar desarrollo en una zona determinada, se hace imprescindible contar con vías de acceso que presten la funcionalidad óptima y la facilidad de tránsito, que garanticen dicho desarrollo. Es por ello la necesidad de mejorar el estado de las calles y/o carreteras en nuestro país se hace cada vez más notoria.



## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo general**

- Revisar el diseño de los espesores de las capas de la estructura de pavimento articulado del tramo Empalme Terrabona – Terrabona (17.16 km) para el soporte de las cargas del tránsito implementando el método de la AASHTO 93.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Determinar el flujo vehicular sobre la vía en estudio para la comprobar las cargas a las que está sometido dicho pavimento.
- Analizar las propiedades de los suelos en el tramo de estudio y banco de préstamo para determinar la calidad de los mismos.
- Verificar los espesores de las capas de la estructura de pavimento para indicar que son los adecuados para soportar las cargas obtenidas, utilizando el método de la AASHTO 93.

# CAPITULO II

## ESTUDIO DE TRÁNSITO



## **2.1 INTRODUCCION**

El tránsito es una de las variables más significativas del diseño de pavimentos y sin embargo es una de las que más incertidumbre presenta al momento de estimarse. Es importante hacer notar que debemos contar con la información más precisa posible del tráfico para el diseño, ya que de no ser así podríamos incurrir en diseños inseguros o con un grado importante de sobre-diseño.

Los Estudios de Tránsito Vehicular conforman los aspectos de la estructura básica, tipología, volúmenes y proyecciones del tránsito, realizados con el propósito de conocer aquellos elementos que intervienen en el comportamiento de la estructura del pavimento y por lo tanto en su diseño.

Dichos estudios permiten evaluar el efecto del daño que producen al pavimento, el paso de los ejes de cada tipo de vehículo, ya sean cargados o vacíos; para estimar el número de repeticiones que se esperan de ese mismo eje durante la vida útil del pavimento.

En ese mismo aspecto, los estudios sobre volúmenes de tránsito son los más imprescindibles al momento de proyectar un diseño de pavimento, los cuales se realizan con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial.

Estos datos de volúmenes de tránsito son expresados con respecto al tiempo y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimaciones razonables de la cantidad de vehículos que circularán sobre una vialidad durante un período de diseño determinado.

## 2.2 ESTUDIO DE TRÁNSITO

El estudio de los volúmenes de tránsito, su composición y comportamiento, forman parte de los parámetros fundamentales para el método de diseño de pavimento articulado, por lo tanto es importante conocer la clasificación vehicular **(Ver Figura 3, pág. I, Anexos)**

Un elemento fundamental para generar las diferentes modalidades de movilización es la población; empezando por andar a pie, a caballo, en carreta, carretón y otras opciones motorizadas que motivaron la construcción de los diferentes tipos de vías de transporte existentes. Las veredas peatonales iniciales han sido de mucha utilidad para localizar las vías en condiciones dependientes de diferentes tipos de entornos naturales.

El uso de las vías de comunicación induce a la construcción de variados tipos de caminos para satisfacer la demanda de los usuarios que las utilizan en sus motivaciones para viajar en busca de llenar sus aspiraciones de progreso material y humano enmarcadas dentro de un completo respeto y afecto a su medio ambiente.

El volumen de tránsito que circula por la vía, se determinó a través de conteos de tráfico de 5 días entre el 16 al 20 del mes de Junio del 2017 **(Ver Tabla 29, Pág. II – VI, Anexos)**, se registraron 51 vehículos de carga pesada que transportaban frijoles, trigo, carne, café, bebidas, materiales de construcción, madera y leche, comprobándose en los resultados de esta muestra la dinámica productiva de los habitantes de la zona.

La cantidad de vehículos registrados en los 5 días de conteo fue 710 en el Empalme Terrabona - Terrabona y 593 en Terrabona – Empalme Terrabona, dando un total de 1,303 vehículos en un periodo de 12hr. (Ver Tabla 1, pág. 9)

Tabla 1: Conteo vehicular clasificado (12hrs diurno)  
 Porcentaje por tipo de vehículo direccional  
 Período: 16/06/2017 - 20/06/2017

No.	Tipo de Vehículo	Sentido		Total Veh / 12hr	% Ambos sentidos
		Empalme Terrabona – Terrabona	Terrabona - Empalme Terrabona		
1	Bicicletas	138	90	228	17%
2	Motos	144	138	282	22%
3	Autos	14	15	29	2%
4	Camionetas	245	257	502	39%
5	Microbús < 15 s	4	2	6	0%
6	Bus	40	40	80	6%
7	Liv 2-5 ton	11	21	32	2%
8	C2 > 5 ton	113	30	143	11%
9	C3	1	0	1	0%
<b>Total</b>		710	593	1303	100%
<b>% por sentido</b>		54%	46%	100%	

Fuente: Elaboración propia

## 2.3 ESTUDIO DE CAMPO

### 2.3.1 Aforos Vehiculares.

La estimación de este importante indicador de tráfico se basa en los conteos de 5 días continuos, durante 12 horas entre las 6 am y 6 pm. Los conteos se efectuaron entre el viernes 16 de Junio del 2017 al martes 20 del mismo mes, incluyendo el sábado y Domingo. El tránsito promedio diurno, representa el promedio de los volúmenes diurnos de tránsito durante una semana.

De acuerdo al volumen total registrado en los 5 días, se determinará el tránsito promedio diurno por cada tipo de vehículo, mediante la siguiente ecuación.

$$\text{TPDi} = \frac{\sum \text{TDiurno}}{n} \quad (\text{EC 1})$$

Donde:

TPDi = Tránsito Promedio Diurno

$\sum \text{TDiurno}$  = Sumatoria de tránsito diurno

n = Número de días de conteo de la semana

$$\text{TPDi autos} = \frac{29}{5} = 5.8 \approx 6 \text{ veh/dia}$$

$$\text{TPDi camionetas} = \frac{502}{5} = 100.4 \approx 100 \text{ veh/dia}$$

De igual manera se calcula para los demás tipos de vehículos. En la siguiente tabla se presenta los días y la cantidad de vehículos registrados.

Tabla 2: Conteo vehicular en ambos sentidos, por tipo de vehículo  
Período: 16/06/2017 - 20/06/2017

AFORO VEHICULAR DE 12 HORAS										
Día	Vehículos Livianos				Vehículos pesados de pasajeros		Vehículos pesados de Carga			TOTAL
	Bicicletas	Motos	Autos	Camionetas	Micro Bus < 15 s	Bus	Liv 2 - 5 ton	C2 > 5 t	C3	
<b>Viernes 16/06/17</b>	<b>55</b>	<b>76</b>	<b>6</b>	<b>132</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>9</b>	<b>41</b>	<b>0</b>	<b>340</b>
Sábado 17/06/17	65	69	7	106	1	16	8	31	1	304
Domingo 18/06/17	43	37	5	94	1	12	7	29	0	228
Lunes 19/06/17	35	43	5	89	2	17	5	24	0	220
Martes 20/06/17	30	57	6	81	1	15	3	18	0	211
<b>TOTAL</b>	<b>228</b>	<b>282</b>	<b>29</b>	<b>502</b>	<b>6</b>	<b>80</b>	<b>32</b>	<b>143</b>	<b>1</b>	<b>1303</b>
<b>TPDi</b>	<b>46</b>	<b>56</b>	<b>6</b>	<b>100</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>29</b>	<b>0</b>	

Fuente: Elaboración Propia

## 2.4 TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)

El tránsito promedio diario anual, representa el promedio de los volúmenes diarios de tránsito durante un año en una sección dada de una vía. El MTI ha desarrollado factores de ajuste, con el objetivo que si se lleva a cabo un conteo vehicular sea posible aplicar dichos factores, desarrollados a partir de la estación permanente y obtener así el TPDA en un tramo de carretera previamente establecido. La estación permanente que está asociada con el tramo: Ciudad Darío- Terrabona, es la estación de mayor cobertura 1802 “San Marcos – Masatepe”. (Ver tabla 3, pág. 13).

Tomando en cuenta los valores del TPD<sub>i</sub> de la tabla 2, pág. 11, además del factor día, factor semana y el factor expansión de la tabla 3, pág.13 determinamos el TPDA para cada tipo de vehículo, según la tabla de factores del segundo cuatrimestre de Mayo- Agosto del 2015 de la tabla 3, lo cual corresponde al período del conteo vehicular del tramo en estudio.

$$\text{TPDA} = \text{TPD (i)} \times \text{Factor día} \times \text{factor semana} \times \text{factor expansión} \quad (\text{EC 2})$$

$$\text{TPDA}_{(\text{Autos})} = 6 \times 1.47 \times 1.07 \times 0.86 = 8$$

$$\text{TPDA}_{(\text{camionetas})} = 100 \times 1.28 \times 1.01 \times 0.98 = 127$$

$$\text{TPDA}_{(\text{micro bus})} = 1 \times 1.29 \times 0.98 \times 1.06 = 1$$

$$\text{TPDA}_{(\text{Bus})} = 16 \times 1.28 \times 0.95 \times 1.16 = 23$$

$$\text{TPDA}_{(\text{Cam liv 2.5})} = 6 \times 1.22 \times 0.89 \times 1.45 = 9$$

$$\text{TPDA}_{(\text{C2})} = 29 \times 1.25 \times 0.88 \times 1.49 = 48$$



## 2.4.2 Factores de ajuste para cálculo del TPDA base de las proyecciones de tráfico de diseño.

Tabla 3: Factores de proyección  
Estación de mayor cobertura 1802 “San Marcos – Masatepe”

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA  
DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION  
DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL  
OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

**ESTACION DE MAYOR COBERTURA 1802**  
**SAN MARCOS - MASATEPE**  
**FACTORES - 2015**

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.31	1.53	1.32	1.31	1.28	1.18	1.29	1.22	1.23	1.33	1.00	1.59	1.00	1.00	1.00	1.00	1.15
Factor Semana	0.98	1.04	1.13	1.01	0.97	1.00	0.97	0.89	0.90	0.88	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.89
Factor Fin de Semana	1.05	0.91	0.77	0.97	1.08	1.01	1.07	1.42	1.36	1.55	1.00	1.11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.43
Factor Expansión a TPDA	1.02	1.01	1.06	1.03	1.02	1.02	1.00	0.98	0.90	1.01	1.00	0.55	1.00	1.00	1.00	1.00	1.12

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.27	1.47	1.25	1.28	1.29	1.24	1.28	1.22	1.25	1.18	1.00	1.26	1.00	1.00	1.00	1.00	1.09
Factor Semana	0.98	1.07	1.08	1.01	0.98	0.95	0.95	0.89	0.88	0.81	1.00	0.86	1.00	1.00	0.89	1.00	1.06
Factor Fin de Semana	1.05	0.86	0.84	0.98	1.06	1.14	1.16	1.45	1.49	2.32	1.00	1.70	1.00	1.00	1.43	1.00	0.88
Factor Expansión a TPDA	1.09	1.10	1.21	1.07	1.04	0.94	1.02	1.07	1.20	1.36	1.00	1.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.30	1.46	1.29	1.30	1.28	1.19	1.33	1.27	1.24	1.30	1.00	1.24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10
Factor Semana	0.98	1.08	1.03	1.00	0.96	0.97	0.93	0.88	0.88	0.83	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94
Factor Fin de Semana	1.05	0.85	0.93	0.99	1.13	1.07	1.22	1.51	1.55	2.01	1.00	1.41	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20
Factor Expansión a TPDA	0.91	0.91	0.82	0.91	0.94	1.05	0.99	0.96	0.95	0.78	1.00	1.54	1.00	1.00	1.00	1.00	0.77

364

364

Fuente: Anuario de Tráfico Vehicular edición del año 2015, Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI. Pág.:364

Tabla 4: Cálculo de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

GRUPOS	Vehículos Livianos		Vehículo de pasajeros		Vehículo pesado de carga		TOTAL Vpd
	Autos	Camionetas	Microbús < 15 s	Bus	Liv 2-5 ton	C2 > 5 ton	
TPD (i)	6	100	1	16	6	29	158
Factor Día	1.47	1.28	1.29	1.28	1.22	1.25	
Factor Semana	1.07	1.01	0.98	0.95	0.89	0.88	
Factor Expansión	0.86	0.98	1.06	1.16	1.45	1.49	
TPDA	8	127	1	23	9	48	216
% TPDA	3.70	58.80	0.46	10.65	4.17	22.22	100%
TOTAL	% Vehículos Livianos 62.96 %			Vehículos pesados 37.04 %			100%

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las bicicletas y motos no fueron tomadas en cuenta ya que no ejercen ninguna carga que pueda comprometer la estructura de pavimento

## **2.5 PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO**

La práctica normal de las proyecciones de tráfico indica que para un proyecto de rehabilitación y mejoramiento, estas deben ser desarrolladas en base a estimaciones de viajes basadas en el uso futuro del suelo. Cuando se hacen estudios para el futuro es preciso elaborar las respectivas proyecciones teniendo en cuenta los valores investigados en el estudio de factibilidad.

Para todo diseño y revisión de un pavimento una de las principales e importantes variables que se debe conocer es el número de vehículos que pasan en el sitio de estudio.

### **2.5.1 Tasa de crecimiento.**

El método más conocido en nuestro medio es la estimación del tránsito por medio o en base a la tasa de crecimiento anual de los indicadores económicos nacionales o de cómo el tránsito se ha comportado históricamente en una región del país. Los indicadores comúnmente usados son: PIB (Producto Interno Bruto), tasa de crecimiento poblacional y el historial del tránsito en la zona según datos del MTI.

### **2.5.2 Producto Interno Bruto (PIB).**

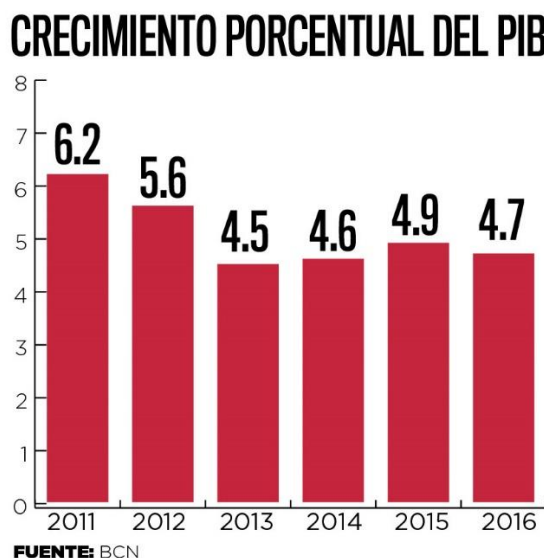
Esta variable es el valor de todos los bienes y servicios finales producidos dentro de una nación en un periodo. El PIB en congruencia al poder adquisitivo (PPA) de una nación es la suma de valor de todos los bienes y servicios producidos en un país. Se utiliza como un indicador de la riqueza generada por una nación, durante un año, un trimestre u otra medida de tiempo. El Producto Interno Bruto (PIB) de Nicaragua tuvo un crecimiento de 4.7% en (2016-2017) y ascendió a más de US\$13,200 millones, según el Banco Central de Nicaragua (BCN). El PIB, una de las formas de medir el crecimiento de la economía de un país, en los últimos tres años ha tenido un crecimiento mayor al 4.5%.

Imagen N°1 Crecimiento económico del país



Fuente: Banco central de Nicaragua

Imagen N°2 Crecimiento porcentual del PIB



Fuente: Banco central de Nicaragua

En el año 2016, el crecimiento de la economía del país fue impulsado, principalmente, por el dinamismo en la agricultura (5.2%), la industria manufacturera (3.6%), el comercio (5.8%), los servicios de intermediación financiera (9.8%) y otros servicios (4.9%). Estas actividades económicas en conjunto aportaron 2.4 puntos porcentuales a ese crecimiento de 4.7%

Este crecimiento fue impulsado por la demanda interna, explicado principalmente por el aumento en la formación bruta de capital (FBK) y del consumo. Por el lado de la oferta, se destacaron las actividades servicios y comercio, construcción y agrícola. Lo anterior se desarrolló en un contexto de estabilidad macroeconómica y bajos precios internacionales del petróleo y materias primas que coadyuvaron al buen desempeño de la actividad económica en su conjunto.

Tomando en cuenta el crecimiento porcentual del PIB en los últimos 6 años, se obtiene que el promedio de crecimiento es de 5 %.

### 2.5.3 Tasa de crecimiento poblacional (POB).

Las tasas de crecimiento poblacional se han descendido en el Municipio de Terrabona. Entre 2005 y 2010 la población creció un 5% mientras que entre 2010 y 2015 aumentó un 3.3%. Sin embargo esa desaceleración podría bajar hasta 1.7% entre 2015 y 2020, que daría lugar a una población de 21,413 personas, según el INIDE, al analizar la población del municipio, como porcentaje del total departamental, se encuentra que la población ha perdido peso. Según el censo de población realizado el año pasado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

A continuación se muestra una tabla de la tasa de crecimiento en los últimos 5 años.

Tabla 5. Tasa de crecimiento poblacional de Terrabona

AÑO	POBLACIÓN	TASA DE CRECIMIENTO
2012	12,931	1.13 %
2013	13,267	1.14 %
2014	14,789	1.15 %
2015	15,104	1.16 %
2016	16,982	1.17 %
PROMEDIO %		1.15 %

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

Según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) se tiene la tasa de crecimiento promedio es de 1.15 %.

#### 2.5.4 Crecimiento vehicular

El crecimiento exponencial de vehículos circulando en el país fue causa de alerta para las autoridades nacionales desde el año 2005 hasta el año 2016, esto fue expresado mediante la Estrategia de Seguridad y Educación Vial, dada a conocer por el Ministerio de Gobernación y encabezado por el Consejo Nacional de Seguridad y Educación Vial (Conasev).

Para determinar la tasa de crecimiento vehicular del tramo en estudio, aplicamos la siguiente ecuación.

$$TC = \left( \frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (EC. 3)$$

Donde:

TC: Tasa de crecimiento vehicular.

TPDi: Tráfico promedio diario actual.

TPDo: Tráfico promedio diario del año base.

n: Diferencia de años.

Para el comportamiento vehicular tomamos en cuenta el tránsito de la estación sumaria N° 1802, que corresponde nuestro tramo en estudio (NIC – 47) Ciudad Darío – Terrabona.

Tabla 6. Datos históricos del TPDA

Ciudad Darío – Terrabona (Nic -47)							
Estación sumaria de mayor cobertura 1802 “San Marcos – Masatepe”							
AÑO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
TPDA	187		179				188

Fuente: Anuario de aforos de tráfico año 2015 del MTI. Pág. 180

Aplicando la ecuación No. 2 para determinar la tasa de crecimiento para el período 2016 obtenemos.

$$TC = \left( \frac{188}{179} \right)^{\frac{1}{2}} - 1$$

$$TC = 0.0248 * 100 = 2.48 \%$$

Concluimos que para este período el tráfico en el tramo creció a una tasa de 2.48%.

#### **2.5.5 Proyección del Tránsito Atraído.**

No existe el tránsito atraído en este proyecto, debido a su localización entre montañas no tiene otras opciones de acceso hacia Terrabona. No existe tránsito generado para este proyecto.

#### **2.5.7 Proyecciones de Tráfico Normal.**

En base a la información generada por el Banco central de Nicaragua (BCN), acerca de las estadísticas generadas por el Producto Interno Bruto (PIB), Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) y el Crecimiento vehicular, además de tomar en cuenta el crecimiento en los últimos 5 años, se considera para este proyecto en estudio la tasa de crecimiento del PIB con un promedio de 5 % siendo la tasa moderada correspondiente al año 2016.

## 2.6 TRÁNSITO DE DISEÑO

Para convertir el volumen de tráfico obtenido de los conteos se usará el tránsito de diseño (TD) que es un factor fundamental para el diseño estructural de pavimentos, para determinar las cargas que van a transcurrir en la misma. Este se obtiene a partir de la información básica suministrada por el tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el factor de crecimiento (FC), factor de distribución (FD) y Factor Carril ( $F'_c$ )

$$TD = TPDA_0 * FC * FD * F'_c \quad (EC\ 4)$$

Donde:

TD = Tránsito de diseño

TPDA<sub>0</sub> = Tránsito promedio diario anual del año cero

FC = Factor de crecimiento

FD = Factor direccional

F'<sub>c</sub> = Factor de distribución por carril

### 2.6.1 Periodo de Diseño (n)

Es el tiempo total para el cual se diseña el pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considera apropiado para que las condiciones del entorno comienzan alterar el funcionamiento del pavimento.

Basándonos en el Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, el período de diseño recomendado para esta vía en estudio, clasificado como colectora sub urbana es de 10 a 20 años (ver tabla 7, pág. 21). Para efecto de diseño el período a utilizar en el presente proyecto es de 20 años.



Tabla 7: Período de Diseño.

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Autopista Regional	20-40 Años
Troncales Suburbanas	15-30 Años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10-20 Años
Colectoras Rurales	

**Fuente:** Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales. SIECA 2001. Pág.10.

Hoy en día, se recomienda que se estudien los pavimentos para un período de comportamiento mayor, ya que ellos pueden dar lugar a una mejor evaluación de las alternativas a largo plazo basadas en análisis de costo-tiempo. El número de años que se empleen en el diseño, está en dependencia de la importancia que la vía representa para la red vial regional o nacional y está definido como el tiempo total para el cual se diseña un pavimento.

## 2.6.2 Factor de crecimiento (FC)

El factor de crecimiento depende del número de años al que se proyectará el tránsito, la tasa del incremento anual vehicular; además refleja la medida en que aumentará el flujo de vehículos en el período de diseño.

Tomando en cuenta la tasa de crecimiento vehicular que es 2.48 % anual, el producto interno bruto (PIB) con 5 % y el crecimiento poblacional de 1.15 % anual, presentados anteriormente, ya que la tasa poblacional y la del tránsito son muy bajas, la tasa que utilizaremos para las proyecciones del tránsito en la zona será del 5 %, la cual ofrece una tasa de crecimiento moderada a nivel de todo el país.

$$FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i} * 365 \quad (\text{EC } 5)$$

Donde:

FC: Factor de crecimiento.

i: Tasa de crecimiento del tránsito (%).

n: Período de diseño (años).

365: Días del año.

Sustituyendo valores obtenemos:

i: 5 %. = 0.050

n: 20 años.

$$FC = \frac{(1 + 0.050)^{20} - 1}{0.050} * 365 \quad (\text{EC. } 6)$$

$$FC = 12,069.07$$

### 2.6.3 Factor direccional (FD)

El factor direccional es el factor total del flujo vehicular censado; Considerando la condición ideal para vías de dos carriles en ambas direcciones; asignamos el valor de 0.5 para el tramo en estudio.

Tabla 8: Factor de distribución por dirección (FD)

Número de carriles en ambas direcciones	FD %
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2001.

#### 2.6.4 Factor de distribución por carril

Este factor se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL'S. Para un camino de dos carriles, cualquiera de los dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril.

Tabla 9. Factor de distribución por carril

Número de carriles en una sola dirección	Fc'
1	1
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2001.

Para nuestro tramo en estudio asignamos el valor de **Fc' = 1** puesto que la vía posee un solo carril para un sentido direccional.

#### 2.6.5 Determinación del tránsito de diseño

Sustituyendo los valores de la ecuación 4, tenemos que el tránsito de diseño para autos será:

$$TD = 8 * 12,069.07 * 0.5 * 1$$

$$TD (\text{Autos}) = 48,276.3$$

De igual manera se realiza el mismo procedimiento para los demás tipo de vehículos. A continuación se muestra una tabla con los resultados obtenidos.

Tabla 10. Cálculo de Tránsito de diseño

<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>	<b>TPDA2017</b>	<b>FC</b>	<b>FD</b>	<b>Fc'</b>	<b>TD 2037</b>
<b>Autos</b>	8	12,069.07	0.5	1	48,276.3
<b>Camionetas</b>	127	12,069.07	0.5	1	766,385.9
<b>Micro Bus &lt; 15 s</b>	1	12,069.07	0.5	1	6,034.5
<b>Bus</b>	23	12,069.07	0.5	1	138,794.3
<b>Liv 2-5 t</b>	9	12,069.07	0.5	1	54,310.8
<b>C2 &gt; 5 ton</b>	48	12,069.07	0.5	1	289,657.7
<b>TOTAL</b>					<b>1,303,459.6</b>

Fuente: Elaboración propia

El tránsito de diseño acumulado durante el periodo de diseño de análisis es de

1, 303, 460 veh

# CAPITULO III

## ESTUDIO DE SUELO



### **3.1 ESTUDIO DE SUELO**

Un estudio de suelo permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del mismo, es decir; permite conocer la composición y el comportamiento de los materiales en las distintas capas de profundidad de la obra que se va a construir.

El estudio de suelo para el tramo Empalme Terrabona – Terrabona, suministra los datos suficientes que nos permitirá definir las propiedades físicas -mecánicas más importantes de los materiales, para ello se tomaron muestras y posteriormente fueron analizadas en laboratorio con el objetivo de determinar: Granulometría, Límites de Atterberg (límite líquido e índice plástico), Valor Relativo Soporte (CBR), Densidad (próctor), y Humedad. Las propiedades de los suelos son las variables más importantes que se deben considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento.

Cabe destacar que los estudios de suelos los realizó la empresa “EDICRO S.A”. (ESTUDIOS Y DISEÑO DE INGENIERIA DE CARRETERAS Y OBRAS S.A).

### **3.2 METODOLOGÍA DE SONDEO MANUAL.**

Las pruebas de laboratorio aplicadas a los sondeos manuales se expresan a continuación.

#### **3.2.1 Determinación de Contenido de Humedad.**

El contenido de la humedad natural de un suelo, permite estimar su posible comportamiento, como sub-rasante, ya que si el contenido natural de agua de un suelo está próximo al límite líquido es casi seguro que se está tratando con un suelo muy sensitivo y si por el contrario el contenido de agua está cercano al límite plástico puede anticiparse que el suelo presenta un buen comportamiento.

### 3.2.2 Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico es una prueba para determinar la distribución de los diferentes tamaños de las partículas del suelo.

### 3.2.3 Determinación del Limite ATTERBERG

Los límites de ATTERBERG se dividen en Límite Líquido y Límite Plástico.

#### 3.2.3.1 Límite Líquido

Es el mayor contenido de humedad que puede tener un suelo sin pasar del estado plástico a líquido. En este estado es cuando la condición en que la resistencia al corte del suelo es tan bajo que un ligero esfuerzo lo hace fluir. Los materiales granulares, (arenas, limos) poseen límites líquidos bajos entre 25% y 30% aproximadamente y las arcillas con límites líquidos altos mayores del 40%.

#### 3.2.3.2 Índice Plástico

Es la mínima cantidad de humedad con la cual el suelo se vuelve a la condición plástica. Para contenido de humedad mayor al límite plástico se presenta una caída muy pronunciada en la estabilidad del suelo.

### 3.2.4 Valor Soporte California (CBR)

Mide la resistencia del suelo a la penetración de un pistón de 3 pulg de área de una probeta de 6 pulg de diámetro y 5 pulg de altura, con una velocidad de 1.27 mm/min. (0.05 pulg/min). El CBR es por definición:

$$CBR: \frac{CARGA QUE PRODUCE LA PENETRACION DE 2.5 mm EN EL SUELO}{CARGA QUE PRODUCE UNA PENETRACION DE 2.5 mm EN LA MUESTRA PATRON}$$

### **3.2.5 Ensayes de Compactación de Suelo.**

Se entiende por compactación a todo proceso que aumenta al peso volumétrico de un suelo. En general es conveniente compactar el suelo para incrementar su resistencia a esfuerzos cortantes, reducir compresibilidad y hacerlo más impermeable.

### **3.3 TRABAJO DE CAMPO.**

Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de 180 sondeos de líneas (manuales) de 1.50 m de profundidad, a razón de 10 sondeos por kilómetro, distribuidos a lo largo de los 17.163 km del camino investigado.

El trabajo consistió en ejecutar sondeos de 30 cm. de diámetro por 1.50 m. de profundidad, con el fin de obtener muestras semialteradas de cada sitio, a excepción de los sitios donde se detectó roca, que por su dureza, no fue necesario perforar más allá. **(Ver Figura 4, Pág. VII – XXIII, Anexos)**

En los sondeos realizados se tomaron 420 muestras semialteradas de los estratos de suelos encontrados y fueron ensayados posteriormente, con el fin de determinar los espesores a colocar en cada tramo del camino.

Se tomaron muestras, a las que se les efectuó una clasificación visual y al tacto para determinar de manera aproximada su plasticidad, textura, a fin de conocer preliminarmente si es arenosa, grava o roca.

Las muestras obtenidas de los sondeos de línea, se analizaron en el laboratorio y de acuerdo a su clasificación HRB se formaron 28 grupos en 4 tramos, de acuerdo a sus características físico-mecánicas y de acuerdo a clasificación visual realizado en el campo, para análisis del Estudio Geotécnico, siendo estos los siguientes.



Tabla 11. Sondeos de línea realizados.

Tramo	Sondeo – 180	Muestras 420	Grupos 28	Tipos de suelos
Estación 0+00 a Estación 3+600	1-37	107	11	A-1- b, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7, A-4, A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6
Estación 3+700 a Estación 5+900	38-60	52	6	A-2-4, A-2-6, A-2-7, A-6, A-7-5 y A-7-6
Estación 6+000 a Estación 11+900	61-120	140	5	A-2-4, A-2-6, A-2-7, A-7-5 y A-7-6
Estación 12+000 a Estación 17+163	121-180	118	6	A-1-a, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A7-5 y A-7-6.

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carreteras y Obra S.A (EDICRO S.A)

En base a la tabla 11 de los sondeos realizados a lo largo de línea del tramo, estos fueron clasificados de acuerdo a los parámetros de la AASHTO Y SUCS. **(Ver Tabla 30 pág. XXIV y Tabla 31 pág. XXV, Anexos).** A continuación se muestra a detalle los tipos de suelos encontrados

### Estación 0 + 000 a Estación 3 + 600

Se realizaron los sondeos, analizando un total de 107 muestras, se efectuaron 11 grupos de materiales de igual características, siendo éstos: A-1- b, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7, A-4, A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6

Tabla 12. Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO Est: 0+000 a Est: 3+600

TIPOS DE SUELOS	TIPO DE MATERIAL	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO
<b>Grava Arenosa Limosa</b>	Materiales Granulares	GM	A-2-4 (0)
<b>Grava Arenosa Limosa</b>	Materiales Granulares	GM	A-2-5 (0)
<b>Grava arena Limosa</b>	Materiales Granulares	GM	A-2-6 (12)
<b>Grava Arenosa arcillosa</b>	Materiales Granulares	GC	A-2-7 (10)
<b>Suelo limoso</b>	Materiales Elásticos	MH	A-4 (0)
<b>Suelo limoso</b>	Materiales Elásticos	MH	A-5 (3)
<b>Suelo Arcilloso</b>	Materiales Plásticos	CH	A-6 (8)
<b>Sonsocuíte</b>	Materiales Plásticos	MH	A-7-5 (20)
<b>Suelo Arcilloso</b>	Materiales Plásticos	CH	A-7-6 (10)
<b>Fragmentos de roca, grava y arena</b>	Materiales Granulares	GW	A-1-b
<b>Sonsocuíte</b>	Material Elástico	MH	A-7-5 (0)

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

### Estación 3 + 700 a Estación 5 + 900

Se realizaron los sondeos, analizando un total de 52 muestras, se efectuaron 6 grupos de materiales de igual características, siendo éstos: A-2-4, A-2-6, A-2-7, A-6, A-7-5 y A-7-6

Tabla 13. Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO Est: 3+700 a Est: 5+900

TIPOS DE SUELOS	TIPO DE MATERIAL	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO
<b>Grava Areno Limosa</b>	Materiales Granulares	GM	A-2-4 (10)
<b>Grava Areno Limosa</b>	Materiales Granulares	GM	A-2-6 (0)
<b>Grava Areno arcillosa</b>	Materiales Granulares	GC	A-2-7 (0)
<b>Suelo Arcilloso</b>	Materiales Plásticos	CH	A-6 (18)
<b>Sonsocuite negro</b>	Materiales Plásticos	MH	A-7-5 (20)
<b>Suelo Arcilloso</b>	Materiales Plásticos	CH	A-7-6 (20)

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

### Estación 6 + 000 a Estación 11 + 900

Se realizaron los sondeos, analizando un total de 140 muestras, se efectuaron 5 grupos de materiales de igual características, siendo éstos: A-2-4, A-2-6, A-2-7, A-7-5 y A-7-6

Tabla 14. Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO Est: 6+000 a Est: 11+900

TIPOS DE SUELOS	TIPO DE MATERIAL	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO
<b>Grava Areno Limosa</b>	Materiales Granulares	GM	A-2-4 (0)
<b>Grava Areno Limosa</b>	Materiales Granulares	GM	A-2-6
<b>Grava Areno arcillosa</b>	Materiales Granulares	GC	A-2-7
<b>Sonsocuile negro</b>	Materiales Plásticos	MH	A-7-5
<b>Suelo Arcilloso</b>	Materiales Plásticos	CH	A-7-6

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

### Estación 12 + 000 a Estación 17 + 163

Se realizaron los sondeos, analizando un total de 118 muestras, se efectuaron 6 grupos de materiales de igual características, siendo éstos: A-1-a, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A7-5 y A-7-6.

Tabla 15. Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO Est: 12+000 a Est: 17+163

TIPOS DE SUELOS	TIPO DE MATERIAL	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO
<b>Fragmentos de Grava, roca y arena</b>	Materiales Granulares	GW	A-1-a
<b>Grava Arenosa Limosa</b>	Materiales Granulares	GM	A-2-4
<b>Grava Arenosa Limosa</b>	Materiales Granulares	GM	A-2-5
<b>Grava Arenosa Limosa</b>	Materiales Granulares	GM	A-2-6
<b>Soncuete negro</b>	Materiales Plásticos	MH	A-7-5
<b>Suelo Arcilloso</b>	Materiales Plásticos	CH	A-7-6

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

A continuación se detallan la clasificación de los suelos de acuerdo al tipo de material, basándonos en el sistema de clasificación de SUCS Y AASHTO

**Materiales Plástico: Suelo A-7-5 de sonsocuite negro**, En el sistema unificado de clasificación de suelos (**SUCS**), este material se clasifica del tipo **MH**. En base al sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, se clasifica del tipo **A-7-5**, La compresibilidad de este material es alta y su plasticidad es alta. Este material se clasifica de regular a malo según la AASHTO, para utilizarlo en la construcción de estructura de caminos.

**Materiales Granulares, Grava Arenosa Limosa**, En el sistema unificado de clasificación de suelos (**SUCS**), este material se clasifica del tipo **GM** los que están conformados por gravas arenosas limosas, de color café. Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, se clasifica como un **A-2-6** La fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de nula plasticidad. Este suelo es de bueno a regular, según la AASHTO, para utilizarlo en la estructura de pavimento.

**Materiales Granulares: Grava Arenosa Limosa**, En el sistema unificado de clasificación de suelos (**SUCS**), este material se clasifica del tipo **GM** los que están conformados por gravas arenosas limosas, de color café. Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, se clasifica del tipo **A-2-4**. La fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de nula plasticidad. Este suelo es de bueno a regular, según la AASHTO, para utilizarlo en la estructura de pavimento.

**Materiales Granulares: Grava Arenosa Limosa**, En el sistema unificado de clasificación de suelos (**SUCS**), este material se clasifica del tipo **GM** los que están conformados por gravas arenosas limosas, de color café. Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, se clasifica del tipo **A-2-5**. La fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de nula plasticidad. Este suelo es de bueno a regular, según la AASHTO, para utilizarlo en la estructura de pavimento.

**Materiales Granulares: Grava Areno arcillosa.** En el sistema unificado de clasificación de suelos (**SUCS**), este material se clasifica del tipo **GC**, grava con mezcla de arena y arcilla. Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, se clasifica como un **A-2-7**. La fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de nula plasticidad. Este suelo es de bueno a regular, según la AASHTO, para utilizarlo en la estructura de pavimento.

**Materiales Plásticos: Material arcilloso,** los cuales están constituidos por arcillas inorgánicas, de color gris oscuro (negro). En el sistema unificado de clasificación de suelos (**SUCS**), este material se clasifica del tipo **CH**. En base al sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, se clasifica del tipo **A-7-6**. La compresibilidad de este material es alta y su plasticidad es alta. Este material se clasifica de regular a malo según la AASHTO.

**Materiales Elásticos: Suelo Limoso,** En el sistema unificado de clasificación de suelos (**SUCS**), este material se clasifica del tipo **MH**. En base al sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, se clasifica del tipo **A-5**. La compresibilidad de este material es alta y su plasticidad es alta. Este material se clasifica de regular a malo según la AASHTO

**Materiales Plásticos: Suelos Limosos.** En el sistema unificado de clasificación de suelos (**SUCS**), este material se clasifica del tipo **MH**. En base al sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, se clasifica del tipo **A-4**. La compresibilidad de este material es alta y su plasticidad es alta. Este material se clasifica de regular a malo según la AASHTO.

**Materiales Plásticos: Suelos Arcilloso.** En el sistema unificado de clasificación de suelos **(SUCS)**, este material se clasifica del tipo **CH**. En base al sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, se clasifica del tipo **A-6** La compresibilidad de este material es alta y su plasticidad es alta. Este material se clasifica de regular a malo según la AASHTO

**Materiales Granulares: Roca, Grava y arena,** son los que están conformados por Roca sólida, gravas, y arena fina, de buena graduación, de color café. En el sistema unificado de clasificación de suelos **(SUCS)**, se clasifica del tipo **GW**. Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, se clasifica del tipo **A-1-b**, con índice de grupo de cero. La fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de nula plasticidad. Este suelo es de excelente calidad según la AASHTO, para utilizarlo en la estructura de pavimento.

**Materiales Granulares: Roca, grava y arena,** son los que están conformados por Roca sólida, gravas, y arena fina, de buena graduación, de color café. En el sistema unificado de clasificación de suelos **(SUCS)**, se clasifica del tipo **GW**. Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, se clasifica del tipo **A-1-a**, con índice de grupo de cero. La fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de nula plasticidad. Este suelo es de excelente calidad según la AASHTO, para utilizarlo en la estructura de pavimento.



### 3.4 TRABAJO DE LABORATORIO.

Este trabajo consistió en realizar las debidas pruebas a cada una de las muestras recopiladas a lo largo del tramo en estudio, en lo cual se realizaron 180 sondeos y se analizaron 420 muestras de las cuales se formaron 28 grupos por índice de agrupación de acuerdo a sus características físico- mecánicas. A continuación se muestra los tipos de pruebas realizadas según las normas de ensayo

Tabla 16. Tipos de pruebas según las normas de ensayo

NO	PRUEBA	NORMAS DE ENSAYO
1	Análisis Granulométrico.	ASTM-D422 o AASHTO T-88
2	Limite Líquido.	ASTM-D423 o AASHTO T-89
3	Limite Plástico e Índice de Plasticidad.	ASTM-D424 o AASHTO T-90
4	Clasificación HRB Y S.U.C.S.	ASTM-D3282 o AASHTO T-145
5	Próctor Estándar	ASTM-D698 o AASHTO T-99
6	CBR	ASTM-D1883 o AASHTO T-193

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de carreteras Regionales, SIECA 2001

Los resultados de estos ensayos de granulometría, límites, clasificación y humedad se presentan: **en la Tabla 32, pág. XXVI – XLI, Anexos.**

### 3.5 DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO

Para determinar el CBR de Diseño existen muchos criterios, siendo el más utilizado el del instituto del asfalto que recomienda tomar un valor tal que el 60%, 75% o el 87.5% de los valores individuales que sean mayores o iguales que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule por el pavimento.

Tabla 17: Criterios para determinar CBR.

CRITERIO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA DETERMINAR EL CBR DE DISEÑO	
NUMERO DE EJES DE 8.2 TON EN EL CARRIL DE DISEÑO (N)	PERCENTIL SELECCIONADO PARA DISEÑO
Menor a 10,000.00	60
10,000.00 – 1,000,000.00	75
Mayor a 1,000,000.00	87.5

Fuente: Manual Centroamericano del (SIECA), cap. 7, pág. 29

Con la información de caracterización geotécnica de muestras tomadas a lo largo de la línea, permitirá conocer los valores de CBR para cada una de las diferentes estaciones que fueron muestreadas. Para la selección del CBR de diseño, se escogieran los valores de CBR al 95% de la Densidad Máxima Seca (DMS) del Próctor Modificado (AASHTO T-180). Los resultados de CBR sondeos de línea, de acuerdo a resultados obtenidos de laboratorio, se muestran: **en la Tabla 33 pág. XLII – XLIV, Anexos.**

Se procedió a encontrar los valores de los CBR de los diferentes tipos de suelos localizados en la línea, que servirán como subrasante. Estos tipos de materiales están agrupados por índice de grupo. A continuación se presenta las frecuencias de los materiales encontrados.

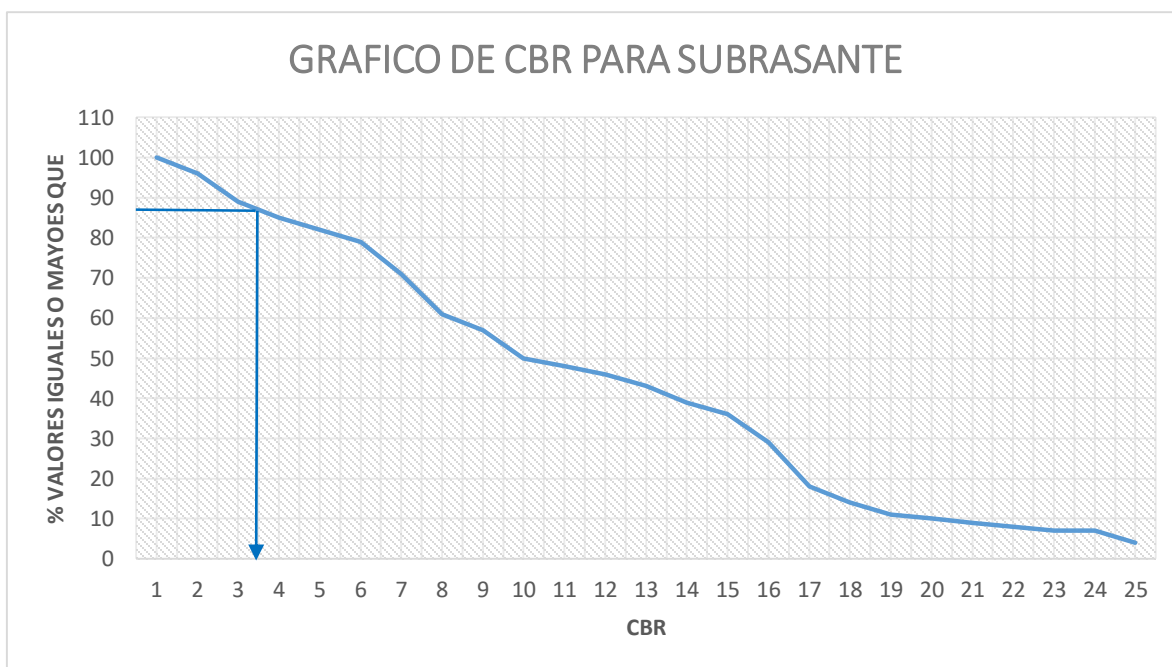
Tabla 18 Valores de CBR

Cálculo para determinar el CBR de diseño			
CBR	Frecuencia	Numero de valores iguales o mayores que	% de valores iguales o mayores
1	1	28	100
2	2	27	96
3	2	25	89
5	1	23	82
6	2	22	79
7	3	20	71
8	1	17	61
9	2	16	57
10	1	14	50
12	1	13	46
13	1	12	43
15	1	11	39
16	2	10	36
17	3	8	29
18	1	5	18
20	1	4	14
21	1	3	11
25.4	1	2	7
65	1	1	4
<b>Total</b>	28		

Fuente: Elaboración Propia

Con los valores obtenidos en la tabla anterior se seleccionan los distintos valores de CBR y del % de valores iguales o mayores, luego se procede a realizar la siguiente gráfica en donde lee el valor del CBR para la subrasante, basándonos en la recomendación del Instituto del Asfalto, se utilizará un percentil de 87.5 % del CBR de diseño de la capa de subrasante

**Gráfico Nº 1. Determinación del CBR de la subrasante**



Al trazar la tangente sobre el valor de percentil de 87.5 % obtenemos un CBR de diseño para la subrasante igual a 3.5 %

### 3.6 ESTUDIOS DE LOS BANCOS DE PRÉSTAMOS.

Los Términos de Referencia (TdR), establecen el estudio de bancos de préstamo a cada 5 km. de proyecto, con la ejecución de cuatro Pozos a Cielo Abierto (PCA) de 1.50 m. x 1.50 m. x 3.00 m. en cada sitio, 15 calicatas y 4 perforaciones en rocas con corona de diamante y extracción de núcleo.

Durante las inspecciones de campo, se localizaron 2 fuentes de materiales a lo largo del tramo, conocidos como el Banco El Quiñasón y Banco El Coyol, donde se tomaron muestras de cada banco de préstamo para ser analizadas en el laboratorio. **(Ver Tabla 34, pág. XLV, Anexos)**. Cabe destacar que los bancos de préstamos analizados cumplen con las especificaciones técnicas de la NIC 2000, (Ver tabla 21, pág. 40). A continuación se detalla información acerca de los bancos seleccionados.

Tabla 19: Listado de Bancos de Materiales

NOMBRE	ESTACIÓN	VOLUMEN DISPONIBLES	USO DEL MATERIAL	COORDENADAS
Banco No. 1 EL COYOL	Estación 4 + 500 Banda Derecha	1,387,007.135 m3	Sub-base	12°44'21.34"N 86°03'29.20"W Elevación: 490m
Banco No. 2 QUIÑASÓN	Estación 5 + 140 Banda Derecha	1,000,000.0 m3	Base granular	12°43'12.53"N 86°03'01.69"W Elevación: 461m

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

Tabla 20: Tipos de Pruebas según las normativas

NO.	PRUEBA	NORMATIVA / ENSAYO
1	Pozos a cielo abierto de 1.5x1.5x3m	ASTM-D420 o AASHTO T-86
2	Análisis Granulométrico	ASTM-D422 o AASHTO T-88
3	Límite Líquido	ASTM-D423 o AASHTO T-89
4	Límite plástico e Índice de plasticidad	ASTM-D424 o AASHTO T-90
5	Próctor Standard	ASTM-D698 o AASHTO T-99
6	Próctor Modificado	ASTM-D1557 o AASHTO T-180
7	Peso volumétrico suelto y varillado	ASTM C-29 o AASHTO T-19
8	CBR	ASTM-D1883 o AASHTO T-193
9	Intemperismo Acelerado	ASTM C-88 o AASHTO T-104
10	Desgaste de los Ángeles	ASTM C-131 o AASHTO T-96
11	Absorción	ASTM C-45 o AASHTO T-25
12	Clasificación HRB Y SUCS	ASTM D-3282 o AASHTO T-145
13	Humedad natural	ASTM D-2216

Fuente: Manual centroamericano de Normas para el Diseño de Carretera Regionales, SIECA 2002

Los resultados de laboratorio de las muestras obtenidas fueron comparados con las especificaciones técnicas que aparecen en la NIC – 2000, las cuales se muestran a continuación, (Ver Tablas 21, pág. 42 y Tabla 22, pág. 43)

Tabla 21. Especificaciones para materiales de Base y Sub base.

<b>REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR CADA BANCO DE MATERIALES</b>	
<b>Prueba</b>	<b>Requerimiento mínimo NIC-2000</b>
<b>Graduación</b>	Cuadro 1000.10
<b>Desgaste de los Ángeles</b>	Máx. 50 %
<b>Índice de plasticidad</b>	Máx. 10 %
<b>Para SUBBASE CBR al 95 % de AASHTO modificado (AASHTO T-180) Y 4 días de saturación</b>	Min. 40 %
<b>Para BASE CBR al 95 % de AASHTO modificado (AASHTO T-180) Y 4 días de saturación</b>	Min. 80 %

Fuente: NIC 2000, Cuadro 1003.23. II (b)

Tabla 22. Requisitos que deben cumplir los bancos de materiales.

<b>REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR CADA BANCO DE MATERIALES</b>					
<b>Prueba</b>	<b>Requerimiento mínimo NIC-2000</b>	<b>Banco EL COYOL</b>	<b>Valoración</b>	<b>Banco EL QUIÑASON</b>	<b>Valoración</b>
<b>Graduación</b>	Cuadro 1000.10		Cumple		Cumple
<b>Desgaste de los Ángeles</b>	Máx. 50 %	26.2	Cumple	21.7	Cumple
<b>Índice de plasticidad</b>	Máx. 10 %	4	Cumple	N.P	Cumple
<b>Para SUBBASE CBR al 95 % de AASHTO modificado (AASHTO T-180) Y 4 días de saturación</b>	Min. 40 %	63.7	Cumple	89.2	Cumple
<b>Para BASE CBR al 95 % de AASHTO modificado (AASHTO T-180) Y 4 días de saturación</b>	Min. 80 %	63.7	No Cumple	89.2	Cumple

Fuente: NIC – 2000, Sección 1003.09 (b). Cuadro 1000.10



## CAPITULO IV

# REVISIÓN DE DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO (ADOQUIN)



## **4.1 REVISIÓN DE DISEÑO DE PAVIMENTO**

La revisión de diseño consiste en determinar cada uno de los espesores de las capas que conforman la superficie de rodadura. El cual está basado en los estudios de tránsito y las propiedades físico - mecánicas del suelo.

El método utilizado para efectuar la revisión de este diseño, es conforme a los lineamientos de la Norma AASHTO "Guide for Design of Pavement Structures", edición 1993, donde se incorporan además otros aspectos complementarios al cálculo, que definen de una manera más integral el problema, a fin de poder efectuar una recomendación válida y aceptable.

## **4.2 PROCEDIMIENTO DEL CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LOS ESPESORES DE PAVIMENTO DE ADOQUIN**

### **4.2.1 Alcance.**

En este Capítulo se analizan las diferentes variables independientes que son consideradas en la metodología recomendada para el diseño estructural de los componentes del pavimento flexible y se determina la combinación de tipos de materiales y espesores de capas más ajustadas a las condiciones de diseño.

### **4.2.2 Método de Diseño**

El Método de Diseño adoptado es el desarrollado por la Asociación Americana de Administradores de Carreteras y Transporte (AASHTO por su acrónimo en inglés), en su versión de 1993, y se emplea en forma complementaria la versión computarizada desarrollada por la American Concrete Pavement Association (PCA) en su programa Pavement Analysis Software, 1993.

### Ecuación de diseño:

Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO-93 para pavimento articulado (adoquín), se toma la expresión siguiente

$$\log_{10} W_{t18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

#### 4.2.3 Variables independientes

- ❖  $W_{t18}$ : Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 kN acumuladas en el período de diseño (n).
- ❖  $Z_R$ : Valor del desviador en una curva de distribución normal, función de la Confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento.
- ❖  $S_o$ : Desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.
- ❖  $\Delta PSI$ : Pérdida de Serviciabilidad (Condición de Servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la “planitud” (calidad de acabado) del pavimento al concluirse su construcción (Serviciabilidad Inicial (po) y su planitud al final del período de diseño (Servicapacidad Final (pt)).
- ❖  $M_R$ : Módulo Resiliente de la subrasante y de las capas de bases y sub-bases granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales.

#### 4.2.4 Variable dependiente

- ❖ SN: Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño.
- ❖ Confiabilidad en el diseño (R) y desviación estándar del sistema (So)
- ❖ Una de las variables de mayor incidencia en los espesores de diseño se corresponde con el criterio de “confiabilidad”. La Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO-93, define la confiabilidad de un proceso de diseño-desempeño de un pavimento, como la probabilidad de que una sección de pavimento diseñada usando tal proceso, se desempeñará satisfactoriamente bajo las condiciones de tráfico y ambientales consideradas para el período de diseño.

#### 4.3 INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. En el diseño del pavimento se deben elegir la serviciabilidad inicial y final la mejor forma para evaluar esto es por el índice servicio presente (PSI), en una escala de 0 a 5, entre mayor sea el número, mejor será su condición al tráfico. Para ello debe asumirse la serviciabilidad inicial,  $p_0$ , en función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción y la serviciabilidad final o terminal,  $p_t$ , en función de la categoría del camino.

##### 4.3.1 Serviciabilidad inicial

$p_0 = 4.5$  para pavimentos rígidos.

$p_0 = 4.2$  para pavimentos flexibles.

### 4.3.2 Serviabilidad final

$p_t = 2.5$  Lo más para caminos muy importantes.

$p_t = 2.0$  para caminos de menor tránsito.

### 4.3.3 Pérdida de serviabilidad ( $\Delta PSI$ )

La pérdida de la serviabilidad es la diferencia que existe entre la serviabilidad inicial y la final. (Guía para el diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 1993. Edición 2006. Página 172). Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = p_0 - p_t \quad (\text{EC } 9)$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

## 4.4 ANALISIS DE CARGAS Y EJES EQUIVALENTES PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO

Definiremos como ESAL's de diseño a la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes equivalentes de 8.2 toneladas, 18 kips o 18, 000 libras, en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento, haciendo uso del factor de equivalencia de carga, acumulados durante el período de diseño, se hará uso de las cargas por ejes por cada tipo de vehículo permitidas por el Ministerio de Transporte e Infraestructura **(Ver Tabla 35, pág. XLVII, Anexos)**. Para el cálculo de ejes equivalentes (ESAL's) existe un factor correspondiente que se obtienen de las tablas del Manual centroamericano de pavimento SIECA 2002, de los ejes sencillos y dobles, para cada eje de los vehículos la cual a su vez se sugiere utilizar el valor de SN 5, **(Ver Tabla 36, pág. XLVIII y Tabla 37, pág. XLIX, Anexos)**. Los ejes equivalentes se obtienen conociendo el tránsito de diseño y los factores de equivalencia, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Esal o W18} = TD * \text{Factor Carga} \quad (\text{EC } 10)$$

Donde:

ESAL's o W18 = Cargas por eje.

TD = Tránsito de diseño.

Factor carga = Factor equivalente de carga (LEF)

Para realizar el cálculo del ESAL's de diseño es necesario conocer con anticipación el peso de los vehículos que circularán por el camino durante el período de diseño, y el factor de equivalencia de carga. Para ello se hace uso del Manual centroamericano de diseño de pavimentos SIECA 2002 y de la Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993, donde la serviciabilidad inicial ( $P_o$ ) de 4.2 y una Serviciabilidad la final ( $P_t$ ) de 2.0, lo que resulta una pérdida de serviciabilidad igual a 2.20 y un coeficiente estructural de carga  $SN = 5$ . Se calcula el factor equivalente de carga (LEF) para cada tipo de vehículo según su peso por eje, sabemos que para un auto el eje delantero y el eje trasero pesan lo mismo, según diagrama de carga de vehículos livianos.

Peso de eje: 2200 lbs.= 2.2 Kips, obtenemos lo siguiente:

Peso	$SN = 5$
------	----------

2 = 2000	0.0002
----------	--------

4 = 4000	0.002
----------	-------

$4000 - 2000 = 2000$

$0.002 - 0.0002 = 0.0018$

Como el peso del automóvil es de 2.2 kips igual a 2,200 lbs entonces hacen falta 200 con respecto a 2200 por tanto se realiza la regla de tres.

2000	0.0018
------	--------

200	X
-----	---

$$X = (200 * 0.0018) / 2000$$

$$X = 0.00018$$

Entonces tenemos que el factor equivalente de carga para 2200 es el siguiente.

$$0.0002 + 0.00018 = \mathbf{0.00038 = \text{Factor ESAL's.}}$$

Por tanto el ESAL's de diseño para autos es:

$$\text{ESAL's (autos)} = 48,276.3 * 0.00038$$

$$\mathbf{\text{ESAL's (autos)} = 18.3}$$

De igual manera se calcula para los demás tipos de vehículos. En la siguiente tabla se presentan los valores de coeficientes de carga y los ESAL's de diseño para cada tipo de vehículo.

Tabla 23. Cálculo de ESAL's de Diseño

TIPO DE VEHÍCULO	T0	PESO POR EJE EN KIPS	TIPO DE EJE	TD	F. ESAL	ESAL DISEÑO
<b>Autos</b>	8	2.2	Simple	48,276.3	0.00038	18.3
		2.2	Simple	48,276.3	0.00038	18.3
<b>Camionetas</b>	127	2.2	Simple	766,385.9	0.00038	291.2
		4.4	Simple	766,385.9	0.0034	2,605.7
<b>Micro Bus &lt; 15 s</b>	1	4.4	Simple	6,034.5	0.0034	20.5
		8.8	Simple	6,034.5	0.0502	302.9
<b>Bus</b>	23	11	Simple	138,794.3	0.1265	17,557.5
		22	Simple	138,794.3	2.35	326,166.6
<b>Liv 2-5 t</b>	9	8.8	Simple	54,310.8	0.0502	2,726.4
		17.6	Simple	54,310.8	0.9206	49,998.5
<b>C2 &gt; 5 t</b>	48	11	Simple	289,657.7	0.1265	36,641.7
		22	Simple	289,657.7	2.35	680,695.5
Total de ESAL's de diseño						<b>1,117,043.4</b>

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del tramo de vía en estudio se obtuvo un valor de: ESAL's o W18 = 1,117,043.4 ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño.

#### 4.5 CONFIABILIDAD (R)

De acuerdo con la clasificación funcional de la guía de la AASHTO 1993, recomienda diferentes niveles de confiabilidad. El tramo en estudio está clasificado como colectora porque moviliza el tránsito de la zona hacia vías principales y clasificada como Zona Rural porque está vinculada al campo donde se desarrolla la agricultura y el ganado, dada la ubicación en la que se encuentra la vía en estudio, se asume un valor de confiabilidad (R) de 85 % que corresponde a un valor recomendado, para clasificación de zona rural y para tipo de caminos colectores.

Tabla 24. Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO, para clasificaciones funcionales diferentes.

TIPO DE CAMINO	CONFIABILIDAD RECOMENDADA	
	ZONA URBANA	ZONA RURAL
Rurales interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
<b>Colectoras</b>	80 – 95	<b>75 – 95</b>
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Página 137.

#### 4.6 DESVIACIÓN ESTÁNDAR (So)

La desviación estándar ( $S_o$ ), es un factor que representa la cantidad de datos dispersos dentro de los cuales pasa la curva real del comportamiento de la estructura. También considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño, como la predicción del tránsito y el comportamiento del pavimento.



La desviación estándar es un valor representativo de las condiciones locales particulares, este parámetro está ligado directamente y depende del nivel de confiabilidad. La guía de la AASHTO. 1993 recomienda adoptar valores de  $S_o$  comprendidos dentro de los siguientes intervalos.

Tabla 25. Desviación estándar para pavimentos flexibles

CONDICIONES DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Para pavimento flexible	0.40 – 0.50
En construcción nueva	0.35 - 0.40
En sobre capas	0.50

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento SIECA. Capítulo 7, página 135.

Para este proyecto utilizaremos un valor de “desviación estándar del sistema ( $S_o$ )”, de 0.45. El efecto combinado de los términos  $Z_r$  y  $S_o$  resulta un “factor de seguridad” en el diseño de pavimentos, estos factores de seguridad serían.

Tabla 26. Desviación estándar y Factor de Seguridad

VALOR DE LA CONFIABILIDAD	$Z_R$	$S_O$	FACTOR DE SEGURIDAD
50	0.000	0.45	1.00
60	- 0.253		1.30
70	- 0.524		1.72
75	- 0.674		2.01
85	- 1.037		2.93
95	- 1.645		5.50

Fuente: Guía para el diseño de estructura de pavimentos, AASHTO 1993

## 4.7 COEFICIENTE DE DRENAJE

El drenaje de agua en los pavimentos debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas, ocasionan daños a las estructuras del pavimento.

Tabla 27. Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles.

Calidad de drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	> 1%	1 – 5 %	5 – 25%	< 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
<b>Bueno</b>	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	<b>1.00</b>
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.70	0.40

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Página 148.

El valor asumido en este diseño fue del 1.00, ya que se considera una calidad de drenaje bueno.

## 4.8 MODULO RESILIENTE (MR)

Es la propiedad utilizada para caracterizar el suelo de la fundación del camino y otras capas. Para su determinación se ha establecido correlaciones a partir de ensayos como el CBR mediante las ecuaciones de correlación siguiente.

- Para materiales de sub-rasante con CBR igual o menor a 10%

$$\text{MR} = 1,500 \times \text{CBR} \quad (\text{EC } 11)$$

- Para materiales de sub-rasante con valores de CBR mayores a 20%

$$\text{MR} = 4,326 \times \ln(\text{CBR}) + 241 \quad (\text{EC } 12)$$

#### **4.8.1 Cálculo para determinar el módulo de resiliencia, para CBR de 3.5 % en la sub-rasante.**

$$MR = 1,500 \times CBR$$

$$MR = 1,500 \times 3.5$$

$$MR = 5,250 \text{ PSI}$$

### **4.9 COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA**

Son factores estructurales que involucran las características físicas y propiedades de los diferentes materiales, para servir como componente estructural del pavimento.

Los coeficientes estructurales de capa son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos, lo que permite convertir los espesores reales a los números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura del pavimento.

Mediante el uso de nomogramas de la guía AASHTO; se determina el coeficiente estructural de cada capa.

#### **4.9.1 Coeficiente estructural de la carpeta (Adoquín) a1**

Para el coeficiente estructural del adoquín se utilizó el valor de **0.45**, recomendado en la guía de AASHTO 93.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Manual Centroamericano de Diseño de Pavimento pág. 107

#### 4.9.2 Coeficiente estructural para base granular a2

El coeficiente estructural para el caso de que la capa base esté constituida por agregados no-tratados, tal como es el caso de las bases de piedra picada, grava triturada, grava cernida, macadam hidráulico, etc. se determina a partir del CBR.

Cabe destacar que el material usado en el diseño de la Base Granular pertenece al banco El Quiñasón, según el Instituto del asfalto clasifica como excelente para base granular triturada y como áridos para concreto, con un CBR 89.2%, En el sistema unificado de clasificación de suelos, **SUCS** se clasifica del tipo **GW**. Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, este material se clasifica del tipo **A-1-b**. El Modulo Resiliente de base granular es **MR = 28,900 PSI** y el coeficiente estructural **a2 es 0.137**, ambos resultados se obtienen del nomograma para bases granulares no-tratadas de la AASHTO-93. (Ver Figura 6, pág. L, Anexos)

#### 4.9.3 Coeficiente estructural para Sub - base a3

El material usado en el diseño de la sub-base es el Banco El Coyol con un CBR 63.7%. En el sistema unificado de clasificación de suelos **SUCS** se clasifica del tipo **GW**, Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, este material se clasifica del tipo **A-1-a**. El Modulo Resiliente de la sub-base es **MR = 26,500 PSI** y el coeficiente estructural es **a3 es 0.124**, el cual se obtiene del nomograma para sub-base. (Ver Figura 7, pág. LI, Anexos).

Tabla 28. Resumen de las variables para el cálculo de los espesores de las capas

<b>VARIABLES</b>	<b>VALORES CALCULADOS</b>
<b>Ejes equivalentes ESAL's:</b>	1,117,043.4 Ejes equivalentes por carril de diseño.
<b>Confiabilidad (%) R:</b>	85 %
<b>Desviación Estándar So:</b>	0.45
<b>Serviciabilidad Inicial Po:</b>	4.2
<b>Serviciabilidad final Pt:</b>	2.0
<b>Propiedades de los materiales</b>	
<b>Módulo Resiliente Sub – Rasante:</b>	5,250 PSI
<b>Módulo Resiliente Base:</b>	28,900 PSI
<b>Módulo Resiliente Sub base:</b>	26,500 PSI
<b>Coeficiente Estructural Carpeta Adoquín a1:</b>	0.45
<b>Coeficiente Estructural base granular a2:</b>	0.137
<b>Coeficiente Estructural Sub base: a3:</b>	0.124
<b>Drenaje (mi):</b>	1.00

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.11 CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN) Y ESPESORES DE CAPAS (D)

Siguiendo el método AASHTO 93 para el diseño de espesores en adoquines secc.7.3.3 pág. 107, del Manual centroamericano de diseño de pavimento (SIECA 2002) además de hacer uso del nomograma para resolver la ecuación AASHTO 93. Se obtuvo un resultado de SN de Diseño 3.8 y SN para Base 2.05. **(Ver Figura 8, pág. LII, Anexos).**

El espesor del adoquín es estándar de 4 pulgadas. Por tanto SN1 ya está dado.

Cálculo para Adoquín:

D1 = 4 Pulgada de espesor = 10cm

$$\text{SN1} = \text{D1} \times \text{a1} \quad (\text{EC 13})$$

$$\text{SN1} = (4 \times 0.45)$$

$$\text{SN1} = 1.80$$

Cálculo para el espesor de la Base:

$$\text{SN} = \text{a1} \times \text{D1} \times \text{m1} + \text{a2} \times \text{D2} \times \text{m2} \quad (\text{EC 14})$$

$$3.8 = 0.45 (4) (1) + 0.137 \times \text{D2} \times (1)$$

$$\text{D2} = \frac{3.8 - 0.45 (4)}{0.137}$$

$$\text{D2} = 14.59 \approx 15''$$

$$\text{SN2}^* = 0.137 (15) \quad (\text{corregido}) \quad (\text{EC 15})$$

$$\text{SN2} = 2.05$$

Como verificación del resultado:

$$\text{SN1} + \text{SN2} > \text{SNreq} \quad (\text{EC 16})$$

$$1.80 + 2.05 > 3.8$$

$$3.85 > 3.8 \text{ OK}$$

Sustituyendo cada una de las diferentes variables independientes y aplicando el Programa “Pavement Analysis System (PAS)”, desarrollado por la Asociación Americana de Pavimentadores de Concreto (ACPA), permite obtener un valor de SN requerido sobre la sub-rasante, tal como se indica a continuación.

Con los datos obtenidos anteriormente, detallamos los espesores de las capas que se obtuvieron en la revisión de este diseño y las del diseño existente.

REVISION DE ESPESORES DEL PAVIMENTO		
CAPAS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	DISEÑO PROPIO	DISEÑO EXISTENTE
Rodamiento (adoquín)	4 "	4 "
Cama de arena	2 "	2 "
Base	15 "	17 "
Sub-base	-	12 "
Total Espesor	19 "	33 "

Nota. El espesor de la cama de arena no se incluye en el total del espesor de la estructura de pavimento.

Habiendo calculado los espesores de las capas, representamos los resultados obtenidos de la estructura de pavimento de Adoquin.





# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

Para el diseño de la estructura de pavimento es importante analizar la información obtenida del estudio de tránsito (aforos vehiculares), estudios de suelo (sondeos de línea y bancos de préstamo), y diseño de espesores de cada capa para la estructura de pavimento según el método AASHTO 93 llegando a las siguientes conclusiones.

El estudio de tránsito refleja que la afluencia vehicular es mayoritariamente de vehículos livianos con un 62.96 % y el tránsito pesado es de 37.04 %. Como resultado se obtuvo un Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA 2017) de 216 Veh/día y un ESAL's de 1,117, 046.4 ejes equivalentes por carril de diseño.

El camino se encuentra en regular estado, su capa de rodamiento está compuesta por materiales grava arenosa, grava limo arcilloso que clasifican como A-2-4, A-2-5 y A-2-6; también se encuentran tramos en donde aparece arcilla negra de alta plasticidad, que clasifica como A-6, A-7-5 y A-7-6 que se considera de mala calidad para subrasante. El CBR de diseño dio como resultado un valor de 3.5 %.

El Banco de Materiales a utilizarse como Base granular es el Banco El Quiñasón, que está conformado por materiales granulares que corresponde a grava de buena graduación, con un CBR de 89.2 %, clasificado en el sistema de la AASHTO como A-1-b y un volumen explotable de 1, 000,000 m<sup>3</sup>. Este banco cumple con las especificaciones para materiales de base de la norma NIC – 2000, Sección 1003.09 (b).

Para el cálculo de las capas de la estructura de pavimentos se utilizó el método de la AASHTO 93, considerando los parámetros de diseño tales como: CBR subrasante = 3.5 %, Confiabilidad = 85 %, Desviación estándar = 0.45,  $\Delta PSI = 2.2$ , Modulo Resiliente de la subrasante  $MR = 5,250$ , Coeficientes de capas  $a_1 = 0.45$ ,  $a_2$  base = 0.137, dando como resultado una estructura de pavimento: Capa de

rodamiento (adoquín) de 4 " (10 centímetros), una cama de arena de 2 " (5 centímetros) y una base granular de 15 " (38 centímetros).

Habiendo revisado el diseño de la estructura de pavimento de adoquín, concluimos que cumple con las especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes de la NIC-2000 y de la Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993, además de resistir las cargas aplicadas al pavimento, así mismo el SN calculado nos da mayor que el SNreq por lo tanto nos permite recomendar estos espesores de capa para el buen funcionamiento y durabilidad del pavimento.

## RECOMENDACIONES

Establecer medidas de control para la circulación vehicular sobre la vía en estudio, con el objetivo de evitar que los vehículos que exceden el límite de carga, provoquen daño prematuro en la vía.

En los tramos 0+020 a 0+090, 0+190 a 2+370, 2+500 a 2+830, 3+040 a 3+410, 4+130 a 4+450, 4+677 a 4+800, 9+980 a 10+085, 12+680 a 12+800, 15+300 a 15+400, 15+800 a 17+135, donde hay presencia de arcilla de alta plasticidad, se recomienda extraer dicho material y reponerlo con material del sitio de preferencia con materiales de los bancos estudiados y compactar al 100% del Próctor Estándar.

Se deberá llevar un estricto control de compactación al 100% del Próctor Estándar al momento de colocar material del banco de préstamos.

La capa de arena a utilizar deberá ser limpia, libre de materias orgánicas y cuerpos extraños, lavada y uniforme, no deberá contener más del 3 % (en peso) de limo, arcilla o ambos y no más del 5% de humedad. Su graduación será tal que pase totalmente por el tamiz No. 4 y no más del 15% sea retenido en el tamiz No. 10, de acuerdo a las especificaciones de la NIC 2000, sección 502.02 (c).

La arena que servirá de relleno entre las juntas de los adoquines deberá ser limpia, sin raíces, ni lodo, lavada, la arena será aplicada con escoba o cepillo, la distancia entre los adoquines tendrá una ranura de 3 a 5 mm, De acuerdo a las especificaciones de la NIC 2000, sección 502.03 (c) y sección 502.03 (d) (1) (4)

Garantizar que los materiales a utilizarse sean adquiridos en fábricas certificadas, como una forma de asegurarse de que cumplan con la calidad requerida, en base a las especificaciones de la NIC 2000 Sección 502.04

Realizar pruebas de resistencia a los adoquines, con el objetivo de comprobar que cumplan con la calidad requerida y soporten la capacidad de carga para lo cual han sido diseñado, estos deberán cumplir con una resistencia a los 28 días no menor a 34.3 Mpa, para vehículos livianos, de acuerdo con las especificaciones de la NIC 2000, Sección 502.02 (a).

Para garantizar el buen funcionamiento y duración de vida útil de la estructura de pavimento, se debe realizar mantenimientos periódicos de manera preventiva, que también evita los altos costos de rehabilitación

## BIBLIOGRAFIA












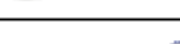




## BIBLIOGRAFIA

1. "AASHTO Guide for Design of pavement structures 1993" American Association of State Highway and transportation officials, AASHTO 1993
2. Anuario de Tráfico vehicular de 2016 del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI
3. Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes, NIC 2000. Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)
4. Guía para la especificación, instalación, mantenimiento y reparación de pavimentos prefabricados de concreto - Instituto colombiano de normas técnicas y certificación (Icontec internacional). Norma Técnica Colombiana GTC 236
5. Guía de laboratorio de suelo en ingeniería civil - Browles, Joseph E - Mc Graw-Hill 1981.
6. Manual centroamericano para diseño de pavimentos (SIECA 2002), Ing. Jorge Coronado Iturbide
7. Manual para la revisión de diseño de pavimento – Ministerio de Transporte Infraestructura MTI
8. Manual de evaluación de pavimentos; maestría en vía terrestre, año 2009– MTI - Ing. Maylin Corros B. Ing. Ernesto Urbáez P. Ing. Gustavo Corredor M.

ANEXOS



**Figura 3. Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico del Sistema de Administración de Pavimentos.**

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadraciclo, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4x4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con lina en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tr-Sx=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tr-Sx=4.
	Tr-Sx=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx=4
	Cx-Rx=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Bovinos).

Fuente: Anuario de aforos de tráfico 2011. Pág. 28.

**Tabla 29. Conteo vehicular clasificado de 12hr del 16 al 20 de Junio de 2017**

**29.1 conteo vehicular del día Viernes 16 de Junio**

TIPO DE ESTUDIO:			Trafico		PROYECTO:		Empalme terrabona - terrabona			
ENCUESTADOR:			Lisseth Sandoval y Brenda Siles		PUNTO DE CONTEO:		Empalme Terrabona			
HORA	BICI	MOTO	AUTOS	CAMIONETA	MICRO BUS	BUS	CAMION LIVIANO 2.5T	C2	C3	TOTAL
6-7am	5	6		9			1	5		26
7-8am	6	4	1	7		1		3		22
8-9am	4	5		6		1	1	2		19
9-10am	3	3		4		1		1		12
10-11am	1	2		2				1		6
11-12M	2	3		3		1		2		11
12-1pm	1	2	1	6		1		4		15
1-2pm	2	1		7				2		12
2-3pm	2	2		1		1		4		10
3-4pm	1	1		1				5		8
4-5pm	1	3		4		1				9
5-6pm	2	7	1	9		2		4		25
TOTAL	30	39	3	59	0	9	2	33	0	175

TIPO DE ESTUDIO:			Trafico		PROYECTO:		Empalme terrabona - terrabona			
ENCUESTADOR:			Lisseth Sandoval y Brenda Siles		PUNTO DE CONTEO:		Terrabona			
HORA	BICI	MOTO	AUTOS	CAMIONETA	MICRO BUS	BUS	CAMION LIVIANO 2.5T	C2	C3	TOTAL
6-7am	3	4		6		2	1	1		17
7-8am	4	3	1	13		1	1	2		25
8-9am	4	3		9		1	1	1		19
9-10am	2	4		3	1	1				11
10-11am	2	3		1			2	1		9
11-12M	3	2		2		1		1		9
12-1pm	3	4	1	4		1		2		15
1-2pm	2	3		15						20
2-3pm	1	1		1		1				4
3-4pm	1	2		2			2			7
4-5pm	0	4		6		2				12
5-6pm	0	4	1	11		1				17
TOTAL	25	37	3	73	1	11	7	8	0	165

## 29.2 Conteo vehicular del día sábado 17 de junio

TIPO DE ESTUDIO:			Trafico		PROYECTO:		Empalme terrabona - terrabona			
ENCUESTADOR:			Lisbeth Sandoval y Brenda Siles		PUNTO DE CONTEO:				Empalme Terrabona	
					FECHA:		Sábado 17/6/2017			
HORA	BICI	MOTO	AUTOS	CAMIONETA	MICRO BUS	BUS	CAMION LIVIANO 2.5T	C2	C3	TOTAL
6-7am	4	3		4				1		12
7-8am	2	5	1	5	1	1		2		17
8-9am	5	2	1	3		1		1		13
9-10am	4	3		4					1	12
10-11am		4		5		1		3		13
11-12M	7	1		3		1		1		13
12-1pm		2		6		1		2		11
1-2pm	3	3	1	2			1	3		13
2-3pm	8	4		4		1		2		19
3-4pm	2	5		3			1	4		15
4-5pm	5	3		3		1	1	5		18
5-6pm	5	4		6		1				16
TOTAL	45	39	3	48	1	8	3	24	1	172

TIPO DE ESTUDIO:			Trafico		PROYECTO:		Empalme terrabona - terrabona			
ENCUESTADOR:			Lisseth Sandoval y Brenda Siles		PUNTO DE CONTEO:			Terrabona		
		FECHA:			Sábado 17/6/2017					
HORA	BICI	MOTO	AUTOS	CAMIONETA	MICRO BUS	BUS	CAMION LIVIANO 2.5T	C2	C3	TOTAL
6-7am	4	5	1	3		1	1	2		17
7-8am	3	4		4		1	2			14
8-9am	4	4	1	5		1				15
9-10am	4	2		4			2	1		13
10-11am		3		7				2		12
11-12M	3	2		6		1		1		13
12-1pm		1		2		1				4
1-2pm	2	3		5				1		11
2-3pm				6		1				7
3-4pm		2	1	9						12
4-5pm		2		4		1				7
5-6pm		2	1	3		1				7
TOTAL	20	30	4	58	0	8	5	7	0	132

## 29.3 Conteo vehicular del día domingo 18 de Junio

TIPO DE ESTUDIO:			Trafico		PROYECTO:		Empalme terrabona - terrabona			
ENCUESTADOR:			Liseth Sandoval y Brenda Siles		PUNTO DE CONTEO:		Empalme Terrabona			
					FECHA:		Domingo 18/6/2017			
HORA	BICI	MOTO	AUTOS	CAMIONETA	MICRO BUS	BUS	CAMION LIVIANO 2.5T	C2	C3	TOTAL
6-7am	3	4	1	3		1		3		15
7-8am	4	2	1	4			1	2		14
8-9am	2	1	1	8		1		2		15
9-10am	2	3		4	1			2		12
10-11am	4	1		3			1	1		10
11-12M				9				2		11
12-1pm	4	3		6						13
1-2pm	6	1		8		2		4		21
2-3pm		2		3				1		6
3-4pm	2			9		1		3		15
4-5pm	3	3		6			1	2		15
5-6pm				8		1		3		12
TOTAL	30	20	3	71	1	6	3	25	0	159

TIPO DE ESTUDIO:			Trafico		PROYECTO:		Empalme terrabona - terrabona			
ENCUESTADOR:			Lisseth Sandoval y Brenda Siles		PUNTO DE CONTEO:				Terrabona	
						FECHA:		Domingo 18/6/2017		
HORA	BICI	MOTO	AUTOS	CAMIONETA	MICRO BUS	BUS	CAMION LIVIANO 2.5T	C2	C3	TOTAL
6-7am	2	2		5		1		1		11
7-8am	2	2	1	5			1	1		12
8-9am	1	1	1	3		2		1		9
9-10am	1	1		2			1			5
10-11am	1	2		1						4
11-12M				2						2
12-1pm	2	4		1						7
1-2pm	2			2		1		1		6
2-3pm		3		2						5
3-4pm	2					1	1			4
4-5pm		2					1			3
5-6pm						1				1
TOTAL	13	17	2	23	0	6	4	4	0	69

## 29.4 Conteo vehicular del día lunes 19 de junio

TIPO DE ESTUDIO:		Trafico		PROYECTO:		Empalme terrabona - terrabona				
ENCUESTADOR:		Liseth Sandoval y Brenda Siles		PUNTO DE CONTEO:		Empalme Terrabona				
				FECHA:		Lunes 19/6/2017				
HORA	BICI	MOTO	AUTOS	CAMIONETA	MICRO BUS	BUS	CAMION LIVIANO 2.5T	C2	C3	TOTAL
6-7am	2	2		2		1		2		9
7-8am	3	1	1	4		1	1	1		12
8-9am	3		1	7		1		2		14
9-10am	1	1		2	1			1		6
10-11am	1	2		1		1		1		6
11-12M		1		9			1	1		12
12-1pm	3	3		4		1				11
1-2pm	2			2		1		3		8
2-3pm		1		1				1		3
3-4pm	2	1		1		1		2		7
4-5pm	3	1		2		1		1		8
5-6pm		1		3		1		3		8
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>38</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>104</b>

TIPO DE ESTUDIO:		Trafico		PROYECTO:		Empalme terrabona - terrabona				
ENCUESTADOR:		Liseth Sandoval y Brenda Siles		PUNTO DE CONTEO:		Terrabona				
				FECHA:		Lunes 19/6/2017				
HORA	BICI	MOTO	AUTOS	CAMIONETA	MICRO BUS	BUS	CAMION LIVIANO 2.5T	C2	C3	TOTAL
6-7am	3	4	1	6		1		1		16
7-8am	3	3	1	5			1	1		14
8-9am		2	1	4		2		1		10
9-10am	1	3		4			1	1		10
10-11am	2	1		3						6
11-12M	1	1		2				1		5
12-1pm	3	4		3		1				11
1-2pm		1		6		2		1		10
2-3pm		4		4						8
3-4pm	2	2		5	1	1	1			12
4-5pm		4		4						8
5-6pm				5		1				6
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>29</b>	<b>3</b>		<b>1</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>116</b>

## 29.5 Conteo vehicular del día Martes 19 de Junio

TIPO DE ESTUDIO:			Trafico		PROYECTO:		Empalme terrabona - terrabona			
ENCUESTADOR:			Liseth Sandoval y Brenda Siles		PUNTO DE CONTEO:		Empalme Terrabona			
					FECHA:	Martes 20/6/2017				
HORA	BICI	MOTO	AUTOS	CAMIONETA	MICRO BUS	BUS	CAMION LIVIANO 2.5T	C2	C3	TOTAL
6-7am	1	2	1	3		1		3		11
7-8am	2	3		4						9
8-9am	1	2		3		1		1		8
9-10am	1	1		2	1			1		6
10-11am	1	4		1		1	1			8
11-12M		2		2				2		6
12-1pm	2	5		3		1				11
1-2pm	1	1		2		1		1		6
2-3pm	1	3	1	1				1		7
3-4pm	2	2		3				2		9
4-5pm	1	5	1	2		1				10
5-6pm		2		3		2		2		9
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>32</b>	<b>3</b>	<b>29</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>100</b>

TIPO DE ESTUDIO:			Trafico		PROYECTO:		Empalme terrabona - terrabona			
ENCUESTADOR:			Liseth Sandoval y Brenda Siles		PUNTO DE CONTEO:		Terrabona			
					FECHA:	Martes 20/6/2017				
HORA	BICI	MOTO	AUTOS	CAMIONETA	MICRO BUS	BUS	CAMION LIVIANO 2.5T	C2	C3	TOTAL
6-7am	2	4		5		2				13
7-8am	2	2	1	5		1	2	1		14
8-9am	2	1	1	7		1		1		13
9-10am	1	3		4						8
10-11am	2	2		3				1		8
11-12M		2		7						9
12-1pm	1	3		2						6
1-2pm	3	2	1	4		1		1		12
2-3pm		3		4						7
3-4pm	2	2		3		2				9
4-5pm	2			4				1		7
5-6pm		1		4						5
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>25</b>	<b>3</b>	<b>52</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>111</b>

Figura 4. Estratigrafía de suelo.

Sondeo 1 al 11

Estación/Sondeo	00+025	00+099.48	00+192.83	00+245.85	00+310	00+391.65	00+610.24	00+750.2	00+853.52	00+975.68	01+098.03
Profundidad (m)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
0.10	A-2-6 (1)	A-2-6 (1)		A-2-4 (0)	A-2-6 (0)		A-2-6 (1)	A-2-6 (1)	A-2-6 (1)	A-2-6 (1)	A-2-6 (1)
0.20				A-2-6 (0)							
0.30											
0.40		A-2-6 (0)	A-4 (0)	A-2-7 (2)	A-7-6(11)		A-7-6(20)	A-7-6(20)	A-7-6(20)		A-7-6(20)
0.50	A-4 (0)				A-7-6(20)						
0.60											
0.70											
0.80	A-6 (3)	ROCA	ROCA	A-2-7 (2)	A-7-6(20)	A-2-4 (0)	A-7-6(20)	A-7-6(20)	A-7-6(20)	A-7-6(20)	
0.90											
1.00											
1.10	A-6 (4)	ROCA			A-7-5(19)		A-2-4 (0)		A-7-5(20)	A-7-5(17)	A-7-5(17)
1.20											
1.30											
1.40											
1.50											

## Sondeo 12 al 22

Estacion/Sondeo	01+222.11	01+342.74	01+464.27	01+587.40	01+695.92	01+777.55	01+883.55	02+004.23	02+067.00	02+127.33	02+249.77
Profundidad (m)	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22
0.10				A-2-6 (0)		A-7-6(20)				A-2-6 (1)	
0.20	A-2-6 (1)	A-2-6 (0)	A-2-6 (0)	A-7-6 (20)			A-2-4 (0)	A-2-6 (1)	A-2-4 (0)		A-2-6 (0)
0.30											
0.40				A-7-5 (20)		A-2-6 (0)					
0.50											
0.60			A-7-6 (20)		A-7-6 (20)		A-7-6(20)			A-7-6(20)	
0.70											
0.80	A-7-6(20)										
0.90		A-7-6 (20)						A-7-6(20)	A-7-6(20)		
1.00											
1.10						A-7-6 (20)					
1.20			A-7-5 (20)							A-7-6 (20)	
1.30					A-1-B (0)		A-7-5 (20)				A-2-7 (2)
1.40	A-7-5(20)										
1.50		A-7-5 (20)									



## Sondeo 23 al 33

Estacion/Sondeo	02+370.05	02+490.35	02+594.41	02+711.70	02+828.52	02+929.41	03+044.79	03+167.18	03+287.14	03+410.42	03+524.92
Profundidad m	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33
0.10	A-2-6 (1)		A-2-6 (1)	A-2-4 (0)	A-2-6 (1)	A-2-6 (0)	A-2-7 (1)	A-2-6 (0)	A-5 (6)	A-2-7 (2)	A-2-7 (2)
0.20		A-2-6 (0)									
0.30											
0.40	A-7-6(20)		A-6 (1)		A-7-6(20)			A-2-6 (0)			
0.50							A-7-6(20)				
0.60				A-7-6(20)							
0.70									A-7-6(20)		
0.80										A-7-6 (6)	
0.90		A-2-7 (0)				A-2-7 (0)		A-5 (12)			A-2-6 (0)
1.00											
1.10	A-2-7 (0)		A-2-7 (0)		A-2-7 (0)		A-7-5 (8)				
1.20				A-2-7 (0)					A-7-6 (6)		
1.30											
1.40							A-2-7 (0)	A-2-6 (0)			
1.50											

## Sondeo 34 al 44

Estacion/Sondeo	03+651,27	03+773,55	03+890,74	04+008,80	04+132,29	04+250,60	04+370,06	04+477,35	04+576,77	04+677,22	04+795,84
Profundidad m	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44
0,10	A-2-5 (0)		A-7-6 (5)	A-4 (0)	A-7-6 (11)	A-2-7(1)	A-2-6 (0)	A-2-6(1)	A-2-6 (0)	A-7-6 (9)	A-2-6 (0)
0,20											
0,30			A-2-5 (0)								
0,40	A-7-6 (5)										
0,50			A-2-4 (0)	A-2-6 (0)	A-5 (5)			A-7-6(11)			
0,60			A-2-4 (0)			A-7-5 (3)					
0,70											
0,80	A-2-5 (0)	A-2-4 (0)									
0,90									A-2-7 (0)		
1,00			A-7-6 (11)				A-7-5(20)	A-7-5(16)			
1,10										A-2-6 (0)	
1,20				A-7-6 (20)	A-5 (5)						A-2-7 (0)
1,30	A-5 (12)					A-7-6(20)					
1,40			A-7-6 (11)					A-7-6 (8)			
1,50											

## Sondeo 45 al 55

Estacion/Sondeo	04+912,34	05+001,39	05+115,10	05+225,55	05+375,29	05+475,12	05+579,48	05+679,68	05+780,00	05+881,01	05+980,00
Profundidad m	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53	S54	S55
0,10	A-2-6 (0)	A-7-6 (9)		A-2-6 (2)		A-2-6 (2)	A-2-6 (2)				A-7-6 (9)
0,20											
0,30											
0,40		A-2-7 (2)				A-2-7 (3)			A-2-6 (0)		
0,50	A-2-6 (1)										
0,60			A-2-7(2)				A-2-7 (2)			A-2-4 (0)	
0,70		A-7-6(11)									
0,80					A-2-4 (0)			A-2-4 (0)			
0,90				A-2-6 (0)							A-2-7 (3)
1,00											
1,10	A-2-7 (0)					A-7-5 (20)					
1,20		A-7-6(11)					A-7-5(20)		A-6 (2)		
1,30			A-7-6 (5)							A-7-5 (20)	
1,40											
1,50											

## Sondeo 56 al 60

Estacion/Sondeo	06+081,26	06+181,32	06+228,95	06+332,71	06+439,76
Profundidad m	S56	S57	S58	S59	S60
0,10	A-2-7 (1)				A-2-4 (0)
0,20					A-2-4 (0)
0,30					
0,40					A-2-6 (1)
0,50	A-2-7 (3)	A-2-7 (2)	A-2-6 (0)	A-2-5 (0)	
0,60					
0,70					
0,80					
0,90					
1,00					
1,10					
1,20					
1,30					
1,40					
1,50					

## Sondeo 61 al 71

Estacion/Sondeo	6+520.67	6+620.91	6+736.28	6+824.59	6+958.38	7+053.28	7+155.09	7+252.23	7+349.75	7+451.79	7+550.81
Profundidad m	S61	S62	S63	S64	S65	S66	S67	S68	S69	S70	S71
0,10	A-2-7-(0)	A-2-7-(0)	A-2-7-(0)	A-2-7-(0)	A-2-7-(0)	A-2-7-(0)		A-2-7-(0)	A-2-7-(0)		
0,20											
0,30											
0,40											
0,50	A-2-7-(0)	A-2-7-(0)	A-2-7-(0)	A-2-7-(0)	A-7-5(14)	A-2-7-(0)	A-2-7-(0)	A-7-5(14)	A-7-5(14)	A-2-7-(0)	A-2-7-(0)
0,60											
0,70											
0,80											
0,90											
1,00											
1,10											
1,20											
1,30											
1,40											
1,50											

## Sondeo 72 al 82

Estacion/Sondeo	7+655.03	7+757.43	7+832.23	7+983.84	8+129.54	8+230.54	8+334.45	8+434.45	8+530.15	8+630.66	8+730.17						
Profundidad m	S72	S73	S74	S75	S76	S77	S78	S79	S80	S81	S82						
0,10	A-2-4-(0)	A-7-6-(8)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)						
0,20					A-2-6-(0)	A-2-4-(0)			A-2-4-(0)		A-2-6-(0)						
0,30			A-2-6-(0)	A-2-4-(0)			A-2-4-(0)	A-2-4-(0)									
0,40		A-2-6-(0)				A-7-6-(8)											
0,50		A-2-6-(0)		A-2-6-(0)		A-2-4-(0)	A-2-4-(0)										
0,60				A-7-6-(8)													
0,70				A-2-6-(0)							A-2-4-(0)	A-2-4-(0)			A-2-6-(0)		
0,80		A-2-6-(0)	A-2-4-(0)														
0,90			A-2-4-(0)			A-2-4-(0)											
1,00			A-2-6-(0)				A-7-6-(8)	A-7-6-(8)	A-2-4-(0)		A-2-6-(0)		A-2-6-(0)				
1,10		A-2-6-(0)		A-2-4-(0)													
1,20																	
1,30				A-2-6-(0)				A-7-6-(8)					A-7-6-(8)				A-2-6-(0)
1,40																	
1,50																	

## Sondeo 83 al 93

Estacion/Sondeo	8+829.49	8+905.04	8+981.24	8+077.74	9+183.93	9+281.42	9+378.08	9+481.41	9+586.74	9+677.07	9+774.20	
Profundidad m	S83	S84	S85	S86	S87	S88	S89	S90	S91	S92	S93	
0,10	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-7-(1)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-7-(1)		
0,20						A-2-4-(0)	A-2-7-(1)	A-2-4-(0)				
0,30			A-2-7-(1)	A-2-4-(0)					A-2-4-(0)			
0,40					A-2-7-(1)							
0,50			A-2-7-(1)									
0,60						A-2-7-(1)						
0,70			A-2-4-(0)									
0,80		A-2-4-(0)		A-2-4-(0)			A-2-4-(0)	A-2-4-(0)			A-2-4-(0)	
0,90	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)										
1,00				A-2-4-(0)	A-2-7-(1)				A-2-4-(0)			
1,10												
1,20												
1,30												
1,40			A-2-4-(0)			A-2-4-(0)				A-2-7-(1)		
1,50												

## Sondeo 94 al 104

Estacion / sondeo	9+875.09	9+980.00	10+085.40	10+199.23	10+304.67	10+397.69	10+494.78	10+595.24	10+701.23	10+805.53	10+901.99
Profundidad (m)	S94	S95	S96	S97	S98	S99	S100	S101	S102	S103	S104
0.10	A-2-4-(0)				A-2-6-(0)			A-2-4-(0)			
0.20		A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)		A-2-4-(0)	A-2-4-(0)		A-2-4-(0)		
0.30	A-2-4-(0)							A-2-6-(0)		A-2-4-(0)	
0.40											
0.50											
0.60	A-2-4-(0)			A-2-6-(0)			A-2-4-(0)				
0.70											
0.80		A-7-5-(11)	A-7-5-(11)						A-7-5-(11)		A-7-5-(11)
0.90					A-2-6-(0)						
1.00						A-2-6-(0)					
1.10	A-7-5-(11)			A-2-6-(0)						A-2-6-(0)	
1.20							A-7-5-(11)				
1.30		A-7-5-(11)	A-2-6-(0)						A-7-5-(11)		
1.40											
1.50											



## Sondeo 105 al 115

Estacion / sondeo	11+007.17	11+105.24	11+203.07	11+304.32	11+410.78	11+513.41	11+616.15	11+705.84	11+802.77	11+917.56	12+009.67			
Profundidad (m)	S105	S106	S107	S108	S109	S110	S111	S112	S113	S114	S115			
0.10	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)		A-7-5-(3)		A-2-4-(0)	A-2-4-(0)			
0.20								A-2-6-(0)						
0.30														
0.40														
0.50	A-2-4-(0)		A-7-5-(3)				A-2-6-(0)	A-7-5-(3)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)				
0.60														
0.70														
0.80														
0.90	A-2-4-(0)	A-2-6-(0)		A-2-6-(0)	A-7-5-(3)					A-7-5-(3)	A-7-5-(3)			
1.00														
1.10														
1.20														
1.30			A-7-5-(3)				A-7-5-(3)			A-2-6-(0)	A-7-5-(3)			
1.40														
1.50														
									A-2-6-(0)					

## Sondeo 116 al 126

Estacion / sondeo	12+111.63	12+206.05	12+258.76	12+304.87	12+376.82	12+453.51	12+508.32	12+550.80	12+680.24	12+797.40	12+903.45
Profundidad (m)	S116	S117	S118	S119	S120	S121	S122	S123	S124	S125	S126
0.10									A-2-4-(0)		A-2-4-(0)
0.20	A-2-6-(0)	A-2-4-(0)			A-2-6-(0)		A-2-4-(0)				
0.30			A-2-4-(0)								
0.40											
0.50											
0.60											
0.70					A-2-6-(0)		A-2-6-(0)				
0.80				A-2-4-(0)				A-2-4-(0)		A-7-6-(7)	
0.90	A-2-4-(0)								A-7-6-(7)		A-2-6-(0)
1.00		A-2-6-(0)									
1.10			A-2-4-(0)								
1.20							A-7-6-(7)				
1.30					A-2-4-(0)						
1.40											
1.50											

## Sondeo 127 al 137

Estacion / sondeo	13+001.38	13+133.47	13+179.11	13+256.96	13+348.45	13+434.59	13+561.29	13+636.95	13+734.02	13+825.13	13+925.82
Profundidad (m)	S127	S128	S129	S130	S131	S132	S133	S134	S135	S136	S137
0.10	A-2-4-(0)	A-1-a-(0)	A-1-a-(0)	A-1-a-(0)	A-1-a-(0)	A-1-a-(0)		A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-1-a-(0)	
0.20											
0.30					A-1-a-(0)					A-2-4-(0)	
0.40	A-2-4-(0)			A-1-a-(0)	A-2-4-(0)				A-2-4-(0)		
0.50		A-2-4-(0)									
0.60											
0.70	A-2-4-(0)					A-1-a-(0)	A-1-a-(0)	A-2-4-(0)			
0.80	A-2-4-(0)										
0-90						A-1-a-(0)					A-1-a-(0)
1.00	A-2-4-(0)		A-2-4-(0)	A-2-4-(0)	A-1-a-(0)			A-2-4-(0)		A-2-4-(0)	
1.10											
1.20				A-2-4-(0)							
1.30											
1.40											
1.50											

## Sondeo 138 al 148

Estacion / sondeo	14+011.66	14+115.37	14+211.64	14+317.87	14+424.16	14+512.49	14+607.13	14+702.72	14+785.28	14+877.63	14+957.28
Profundidad (m)	S138	S139	S140	S141	S142	S143	S144	S145	S146	S147	S148
0.10	A-2-4-(0)										A-1-a-(0)
0.20						A-2-4-(0)				A-2-6-(0)	
0.30											
0.40											
0.50											
0.60									A-2-4-(0)		
0.70											
0.80		A-2-4-(0)	A-1-a-(0)	A-2-4-(0)	A-2-4-(0)		A-1-a-(0)			A-1-a-(0)	
0.90	A-1-a-(0)										A-1-a-(0)
1.00						A-1-a-(0)					
1.10											
1.20										A-1-a-(0)	
1.30											
1.40								A-2-6-(0)	A-2-4-(0)		
1.50											

## Sondeo 149 al 159

Estacion / sondeo	15+042.47	15+132.63	15+199.61	15+266.61	15+333.71	15+400.28	15+467.70	15+536.07	15+603.35	15+669.87	15+737.24
Profundidad (m)	S149	S150	S151	S152	S153	S154	S155	S156	S157	S158	S159
0.10	A-2-5-(0)	A-2-5-(0)		A-1-a-(0)		A-1-a-(0)	A-2-5-(0)	A-1-a-(0)	A-1-a-(0)	A-1-a-(0)	A-7-5-(2)
0.20											
0.30								A-1-a-(0)		A-1-a-(0)	
0.40	A-1-a-(0)	A-2-5-(0)	A-1-a-(0)	A-2-5-(0)	A-7-5-(2)	A-7-5-(2)	A-2-5-(0)		A-7-5-(2)	A-1-a-(0)	A-7-5-(2)
0.50											
0.60									A-7-5-(2)		
0.70											
0.80							A-1-a-(0)	A-7-5-(2)	A-7-5-(2)	A-2-5-(0)	A-7-5-(2)
0.90											
1.00											
1.10											
1.20											
1.30											
1.40											
1.50											

## Sondeo 160 al 170

Estacion / sondeo	15+804.37	15+872.59	15+940.22	16+007.76	16+074.74	16+141.59	16+210.75	16+277.50	16+345.00	16+411.99	16+475.10
Profundidad (m)	S160	S161	S162	S163	S164	S165	S166	S167	S168	S169	S170
0.10											
0.20	A-2-4(0)				A-2-4(0)		A-2-4(0)	A-7-6(7)	A-2-4(0)	A-7-6(7)	A-2-4(0)
0.30			A-2-4(0)								
0.40		A-7-6(7)		A-7-6(7)		A-7-6(7)					
0.50											
0.60											
0.70											
0.80										A-7-6(7)	
0.90	A-7-6(7)				A-7-6(7)		A-7-6(7)	A-7-6(7)	A-7-6(7)		A-7-6(7)
1.00			A-7-6(7)					A-7-6(7)			
1.10		A-7-6(7)		A-7-6(7)							
1.20						A-2-4(0)					
1.30											
1.40											
1.50											

## Sondeo 171 al 180

Estacion / sondeo	16+542.80	16+611.59	16+670.50	16+737.76	16+799.22	16+866.45	16+934.10	17+001.06	17+067.90	17+135.21
Profundidad (m)	s171	s172	s173	s174	s175	s176	s177	s178	s179	s180
0.10	A-2-6(0)	A-7-6(7)	A-2-4(0)	A-7-6(7)	A-2-4(0)	A-7-6(7)	A-2-4(0)	A-7-6(7)	A-2-4(0)	A-7-6(7)
0.20										
0.30										
0.40										
0.50										
0.60										
0.70	A-7-6(7)					A-2-4(0)				
0.80										
0.90		A-7-6(7)	A-7-6(7)	A-7-6(7)	A-7-6(7)		A-7-6(7)	A-7-6(7)	A-7-6(7)	A-7-6(7)
1.00										
1.10										
1.20	ROCA					ROCA				
1.30										
1.40										
1.50										

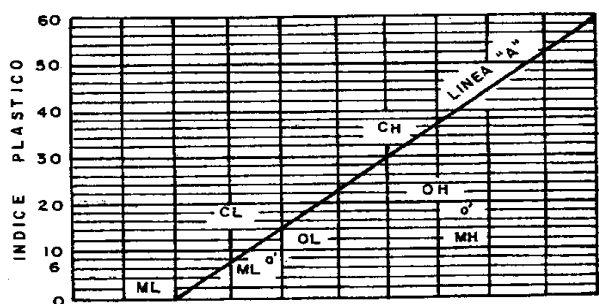
**Tabla 30. Clasificación de suelos, según AASHTO**

Clasificación de suelos por el método AASHTO											
Clasificación general	Materiales granulares (35%, ó menos, pasa el tamiz No. 200)							Materiales limo-arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz No. 200)			
Grupos	A - 1	A-1-b	A - 2					A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupos	A-1-a		A - 3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Porcentaje que pasa el tamiz: No. 10 (2.00 mm) No. 40 (0.425 mm) No. 200 (0.075 mm)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	— 50 máx. 25 máx.	— 51 mín. 10 máx.	— — 35 máx.	— — 35 máx.	— — 35 máx.	— — 35 máx.	— — 36 mín.	— — 36 mín.	— — 36 mín.	
Características del material que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm): Límite líquido Índice de plasticidad	— 6 máx.	— NP	— 10 máx.	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.*
Terreno de fundación	Excelente a bueno		Excelente a bueno	Excelente a bueno				Regular a malo			
* El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5, es igual ó menor a LI-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6, es mayor que LI-30.											

Fuente: Ing. de Pavimentos para Carreteras, 2 da Edición, Alfonso Montejo, pág. 46.



Tabla 31. Clasificación unificada de suelos, según SUCS

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO						
		SIMBO- LOS DEL GRUPO				
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO EN LA MALLA Nº200 (φ) (USESE LA CURVA GRANULOMÉTRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)	ARENAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA LA MALLA Nº4 (USESE la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo)	GRAVAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA ES RETENIDA EN LA MALLA Nº4	GW	DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRA - NULOMÉTRICA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA Nº200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUIEN  MENOS DE 5% : GW, GP, SW, SP MÁS DE 12% : GM, GC, SM, SC		
		GRAVAS LIMPÍAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)	GP			
		GRAVAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)	GM			
		ARENAS LIMPÍAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)	GC			
		ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)	SW			
		ARENAS LIMPÍAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)	SP			
	GRAVAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA LA MALLA Nº4	GRAVAS LIMPÍAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)	SM			
		GRAVAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)	SC			
					COEF DE UNIFORMIDAD (C <sub>u</sub> )	COEF DE CURVATURA (C <sub>c</sub> )
					$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ , MAYOR DE 4	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ , ENTRE 1 y 3
					NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW	
					LÍMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LÍNEA "A" O I <sub>p</sub> MENOR QUE 6	
		LÍMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LÍNEA "A" CON I <sub>p</sub> MAYOR QUE 6				
		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ , MAYOR DE 6		$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ , ENTRE 1 y 3		
		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA SW				
		LÍMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LÍNEA "A" O I <sub>p</sub> MENOR QUE 6				
		LÍMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LÍNEA "A" CON I <sub>p</sub> MAYOR QUE 6				
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº200 (USESE LA CURVA GRANULOMÉTRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MENOR DE 50	ML	EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS			
		CL	G. GRAVA M. LIMO O. SUELOS ORGÁNICOS W. BIEN GRADUADOS L. BAJA COMPRESIBILIDAD			
		OL	S. ARENA C. ARCILLA P <sub>t</sub> TURBA P. MAL GRADUADA H. ALTA COMPRESIBILIDAD			
		MH				
		CH				
		OH				
	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50	ML	<p>COMPARANDO SUELOS A IGUAL LÍMITE LÍQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO SECO AUMENTAN CON EL ÍNDICE PLÁSTICO</p> 			
		CL				
		OL				
		MH				
		CH				
		OH				
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		P <sub>t</sub>	CARTA DE PLASTICIDAD PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS EN EL LABORATORIO			

**Tabla 32. Resultados de los ensayos de suelos**

ESTACION	SONDEO N°	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				M.R.B	
0+025	SM 1	1	0-40	100	100	91	85	79	68	61	61	40	35	27	22	38	19	19	A-2-4 (1)	Grava areno arcillosa
		2	40-70	100	100	100	94	85	91	85	80	74	65	60	48	20	19	10	A-4 (0)	suelo limoso
		3	70-110	100	100	100	100	95	85	90	87	74	69	60	51	32	20	12	A-6 (3)	suelo arcilloso
		4	110-150	100	100	100	100	100	100	90	83	69	63	56	49	33	30	16	A-6 (4)	suelo arcilloso
0+099.48	SM 2	5	0-25	100	100	91	85	85	79	74	65	67	45	43	39	32	19	19	A-2-6(1)	grava areno arcillosa
		6	25-100	100	100	100	95	95	68	69	66	58	56	47	38	22	19	11	A-2-4-(0)	grava areno arcillosa
			100-mas																	Roca solida NF=50cm
0+192.83	SM 3	7	0-70	100	100	100	100	96	93	87	71	65	49	37	21	34	27	2	A-4(0)	Grava areno limoso
			70-mas																	Roca solida NF=50cm
0+245.85	SM 4	8	0-06	100	100	100	97	97	89	86	76	68	66	54	48	33	20	10	A-2-4(0)	grava areno limoso
		9	06-18	100	100	100	73	73	78	85	65	67	45	43	39	14	20	27	A-2-6(0)	grava areno arcilloso
		10	18-60	100	100	100	88	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-2-7(2)	grava areno arcilloso
		11	60-150	100	100	100	85	89	67	79	59	82	81	68	61	20	18	19	A-2-7(2)	grava areno arcilloso
0+310	SM 5	12	0-20	100	100	100	100	100	78	85	65	67	45	43	39	25	22	16	A-2-6(0)	Grava areno arcilloso
		13	20-45	100	100	100	100	100	69	67	61	58	54	49	43	15	16	18	A-7-5(11)	suelo arcilloso
		14	45-120	100	100	100	100	100	100	100	100	100	69	63	56	35	33	23	A-7-6(20)	suelo arcilloso
		15	120-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	74	69	60	20	14	18	A-7-5(19)	suelo arcilloso
0+391.65	SM 6	16	0-50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	45	39	33	22	26	27	A-7-6(20)	sonsocuete
		17	50-150	100	100	100	97	96	93	87	71	65	49	37	21	24	25	27	A-2-4(0)	grava areno limoso
0+610.24	SM 7	18	0-15	100	100	100	90	87	85	69	78	75	66	62	58	37	33	24	A-2-6(1)	grava areno arcilloso
		19	15-110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	88	73	65	29	26	25	A-7-5-(20)	suelo arcilloso
		20	110-150	100	100	100	97	75	79	74	65	67	45	43	39	30	27	23	A-2-4(0)	grava areno limoso
0+750.20	SM 8	21	0-10	100	100	100	100	81	76	68	66	54	48	37	32	41	24	18	A-2-6(1)	grava areno arcilloso
		22	10-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	88	71	65	45	38	33	A-7-5-(20)	suelo arcilloso
0+853.52	SM 9	23	0-17	100	100	100	90	75	79	74	65	67	45	43	39	37	20	19	A-2-6(1)	grava areno arcilloso
		24	17-110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	69	63	56	40	36	29	A-7-5-(20)	suelo arcilloso
		25	110-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	74	69	60	33	20	10	A-7-5-(20)	suelo arcilloso
0+975.58	SM 10	26	0-15	100	100	100	90	88	76	68	66	54	48	37	32	22	18	19	A-2-6(1)	grava areno arcilloso
		27	15-35	100	100	100	100	94	69	78	75	66	62	58	49	30	17	21	A-2-6(2)	grava areno arcilloso
		28	35-110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	67	59	36	80	29	39	A-7-6(20)	suelo arcilloso
		29	110-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	76	63	47	83	37	43	A-7-5(20)	suelo arcilloso
1+098.03	SM 11	30	0-30	100	100	100	90	88	76	68	66	54	48	37	32	22	17	20	A-2-6(1)	grava areno arcilloso
		31	30-120	100	100	100	100	100	100	100	100	100	57	46	33	73	56	33	A-7-6(20)	grava areno arcilloso
		32	120-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	78	49	38	80	37	43	A-7-5(20)	grava areno arcilloso

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

ESTACION	SONDEO	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION M.R.B	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200					
1+222	SM 12	33	0-25	100	100	100	94	90	83	75	68	58	53	43	25	39	21	18	A-2-6(1)	Grava areno arcilloso
		34	25-120	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	85	93	78	29	49	A-7-6(20)	suelo arcilloso
		35	120-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94	89	70	81	42	39	A-7-5-(20)	suelo arcilloso
1+432	SM 13	36	0-25	100	100	100	88	81	76	71	63	49	43	36	27	36	23	13	A-2-6(0)	Grava areno arcilloso
		37	25-140	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-6(20)	suelo arcilloso
		38	140-150	100	100	100	100	85	91	85	80	74	65	60	48	20	19	10	A-7-5-(20)	suelo arcilloso
1+464	SM 14	39	0-30	100	100	100	93	87	80	74	68	56	46	27	13	39	22	17	A-2-6(0)	Grava areno arcilloso
		40	30-80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96	95	91	77	67	56	A-7-6(20)	suelo arcilloso
		41	80-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	88	78	80	36	44	A-7-5-(20)	suelo arcilloso
1+587	SM 15	42	0-06	100	100	100	88	81	76	71	63	49	43	36	27	36	23	13	A-2-6(0)	Grava areno arcilloso
		43	06-18	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	67	49	43	A-7-6(20)	suelo arcilloso
		44	18-60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	88	78	80	36	44	A-7-5-(20)	suelo arcilloso
1+695	SM 16	45	0-100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	86	71	45	10	35	A-7-6(20)	suelo arcilloso
		46	100-150	100	100	100	100	100	100	100	95	86	74	37	15	N.P	N.P		A-1-b	Frag. Piedra, grava y arena
1+777	SM 17	47	0-10	100	100	100	100	100	94	86	75	58	51	35	26	31	9	22	A-2-4(0)	Grava areno limosa
		48	10-50	100	100	100	93	82	73	57	69	50	42	29	24	37	11	28	A-2-6(0)	grava areno arcillosa
		49	50-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-6(20)	suelo arcilloso
1+883	SM 18	50	0-20	100	100	100	100	94	91	86	75	51	45	33	23	33	9	24	A-2-4(0)	Grava areno limosa
		51	20-100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	37	11	26	A-7-6(20)	suelo arcilloso
		52	100-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	88	78	78	29	49	A-7-5-(20)	suelo arcilloso
2+004	SM 19	53	0-20	100	100	100	93	86	81	75	68	56	49	33	19	29	5	24	A-2-6(1)	Grava areno limosa
		54	20-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	47	36	A-7-6(20)	suelo arcilloso
2+067	SM 20	55	0-15	100	100	100	86	94	85	75	58	58	51	35	26	33	9	24	A-2-4(0)	grava areno limosa
		56	15-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-6(20)	suelo arcilloso
2+127	SM 21	57	0-10	100	100	100	100	91	84	81	71	52	45	33	23	31	9	22	A-2-6(1)	Grava areno arcilloso
		58	10-80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	37	34	A-7-6(20)	suelo arcilloso
		59	80-150	100	100	100	100	100	100	100	96	90	89	83	76	68	20	48	A-7-6(20)	suelo arcilloso
2+249	SM 22	60	0-30	100	100	100	100	94	85	75	58	58	51	35	26	33	9	24	A-2-6(0)	Grava areno arcilloso
		61	30-95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	93	78	78	63	45	A-7-6(20)	suelo arcilloso
		62	95-150	100	100	100	100	100	97	85	69	48	40	30	27	69	30	39	A-2-7(2)	Grava areno arcilloso

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

ESTACION	SONDEO N°	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION M.R.B	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200					
2+370	SM 23	63	0-15	100	100	100	100	79	68	61	61	40	35	27	22	38	19	19	A-2-6(1)	Grava areno arcillosa
		64	15-70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-6(20)	suelos arcilloso
		65	70-150	100	100	100	81	85	79	74	65	67	45	43	39	32	19	19	A-2-7(0)	Grava areno arcillosa
2+490	SM 24	66	0-25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	37	11	26	A-2-6-(0)	Grava areno arcillosa
		67	25-150	100	100	100	92	100	100	100	100	100	98	88	78	78	29	49	A-2-7-(0)	Grava areno arcillosa
2+549	SM 25	68	0-20	100	100	100	100	68	69	66	58	56	47	38	22	19	17	12	A-2-6(1)	Grava areno arcillosa
		69	20-70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-6(1)	suelos arcilloso
		70	70-150	100	100	100	92	85	79	74	65	67	45	43	39	32	22	19	A-2-7-(0)	Grava areno arcillosa
2+711	SM 26	71	0-35	100	100	100	92	94	85	75	58	58	51	35	26	33	9	24	A-2-4(0)	Grava areno arcillosa
		72	35-110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	93	78	78	29	49	A-7-6(20)	suelos arcilloso
		73	110-150	100	100	100	91	100	97	85	69	48	40	30	27	69	30	39	A-2-7-(0)	Grava areno arcillosa
2+828	SM 27	74	0-10	100	100	100	100	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-2-6(1)	Grava areno arcillosa
		75	oct-80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	74	69	60	20	14	18	A-7-6(20)	suelos arcilloso
		76	80-150	100	100	100	90	89	67	79	59	82	81	68	61	20	18	19	A-2-7-(0)	Grava areno arcillosa
2+929	SM 28	77	0-20	100	100	96	91	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-2-6-(0)	Grava areno arcillosa
		78	20-150	100	100	90	82	89	67	79	59	82	81	68	61	20	18	19	A-2-7-(0)	Grava areno arcillosa
3+044	SM 29	79	0-20	100	100	100	86	94	85	75	58	58	51	35	26	33	9	24	A-2-7-(1)	Grava areno arcillosa
		80	20-80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	74	69	60	20	14	18	A-7-6(20)	suelos arcilloso
		81	80-130	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	88	78	78	29	49	A-7-5(8)	suelos arcilloso
		82	130-150	100	100	100	100	89	67	79	59	82	81	68	61	20	18	19	A-2-7-(0)	Grava areno arcillosa
3+167	SM 30	83	0-20	100	100	95	100	88	76	68	66	54	48	37	32	22	18	19	A-2-6(0)	Grava areno arcillosa
		84	20-50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	88	78	80	36	44	A-2-6(0)	Grava areno arcillosa
		85	50-120	100	100	100	100	100	94	86	75	58	51	35	26	31	9	22	A-5(12)	Suelo limoso
		86	120-150	100	100	96	100	75	79	74	65	67	45	43	39	37	20	19	A-2-6(0)	Grava areno arcillosa
3+287	SM 31	87	0-35	100	100	100	100	94	85	75	58	58	51	35	26	33	9	24	A-5(6)	Grava areno arcillosa
		88	35-110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	93	78	78	29	49	A-7-6(20)	suelos arcilloso
		89	110-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	57	46	33	73	56	33	A-7-6(6)	suelos arcilloso
3+410	SM 32	90	0-25	100	100	100	100	94	91	84	71	52	45	33	23	31	9	22	A-2-7(2)	Grava areno arcillosa
		91	25-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-6(6)	suelos arcilloso
3+524	SM 33	92	0-30	100	100	100	100	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-2-7-(2)	Grava areno arcillosa
		93	30-150	100	100	100	100	89	67	79	59	82	81	68	61	20	18	19	A-2-6-(0)	Grava areno arcillosa

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

ESTACION	SONDEO N°	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION M.R.B	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200					
3+651	SM 34	94	0-20	100	100	100	100	100	94	86	75	58	51	35	26	31	9	22	A-2-5(0)	Grava arena limosa
		95	20-50	100	100	100	95	100	100	100	100	74	69	60	20	14	18	13	A-7-5(5)	suelo arcilloso
		96	50-100	100	100	100	100	85	91	85	80	74	65	60	48	20	19	10	A-2-5(0)	Grava arena limosa
		97	100-150	100	100	100	100	85	91	85	80	74	65	60	48	20	19	10	A-5(12)	suelos limoso
3+773	SM 35	98	0-150	100	100	100	92	96	93	87	71	65	49	37	21	34	27	2	A-2-4(0)	grava areno limosa
3+890	SM 36	99	0-20	100	100	100	96	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-6 (5)	suelo arcilloso
		100	20-40	100	100	100	100	73	78	85	65	67	45	43	39	14	20	27	A-2-5(0)	Grava arena limosa
		101	40-55	100	100	100	100	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-2-4(0)	Grava arena limosa
		102	55-70	100	100	100	100	89	67	79	59	82	81	68	61	20	18	19	A-2-4(0)	Grava arena limosa
		103	70-120	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	93	78	78	29	49	A-7-6(11)	suelo arcilloso
		104	120-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	57	46	33	73	56	33	A-7-6(11)	suelo arcilloso
4+008	SM 37	105	0-15	100	100	100	100	85	91	85	80	74	65	60	48	20	19	10	A-4(0)	suelo limoso
		106	15-80	100	100	100	100	81	76	71	63	49	43	36	27	36	23	13	A-2-6(0)	grava arena arcillosa
		107	80-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-6(20)	suelo arcilloso
4+132	SM 38	108	0-35	100	100	100	100	94	69	78	75	66	62	58	49	30	17	21	A-7-6(11)	grava areno arcilloso
		109	35-70	100	100	100	95	100	94	86	75	58	51	35	26	31	9	22	A-5(5)	suelo limoso
		110	70-150	100	100	100	100	75	79	74	65	67	45	43	39	37	20	19	A-5(5)	suelo limoso
4+250	SM 39	111	0-30	100	100	100	94	79	68	61	61	40	35	27	22	38	19	19	A-2-7(1)	grava arena arcillosa
		112	30-90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(3)	suelo arcilloso
		113	90-150	100	100	100	100	79	74	65	67	45	43	39	32	19	19	13	A-7-6(20)	grava arena arcillosa
4+370	SM 40	114	0-40	100	100	100	100	100	78	85	65	67	45	43	39	25	22	16	A-2-6(0)	grava arena arcillosa
		115	40-150	100	100	100	100	100	69	67	61	58	54	49	43	15	16	18	A-7-5(20)	suelo arcilloso
4+447	SM 41	116	0-30	100	100	100	94	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-2-6(1)	grava arena arcillosa
		117	30-70	100	100	100	100	89	67	79	59	82	81	68	61	20	18	19	A-7-6(11)	grava arena arcillosa
		118	70-110	100	100	100	100	94	91	84	71	52	45	33	23	31	9	22	A-7-5(16)	suelo arcilloso
		119	110-150	100	100	100	94	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-6(8)	grava arena arcillosa
4+576	SM 42	120	0-15	100	100	100	93	100	100	100	100	100	95	93	78	78	29	49	A-2-6(0)	suelo arcilloso
		121	15-150	100	100	100	87	100	100	100	100	100	57	46	33	73	56	33	A-2-7(0)	grava arena arcillosa
4+677	SM 43	122	0-20	100	100	100	100	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-7-6(9)	grava arena arcillosa
		123	20-60	100	100	100	100	89	67	79	59	82	81	68	61	20	18	19	A-7-6(11)	grava arena arcillosa
		124	60-150	100	100	100	100	100	69	67	61	58	54	49	43	15	16	18	A-2-6(0)	suelo arcilloso
4+795	SM 44	125	0-15	100	100	100	93	95	85	90	87	74	69	60	51	32	20	12	A-2-6(0)	grava arena arcillosa
		126	15-70	100	100	100	100	100	100	90	83	69	63	56	49	33	30	16	A-7-6(8)	suelo arcilloso
		127	70-150	100	100	100	87	79	74	65	67	45	43	39	32	19	16	11	A-2-7(0)	grava arena arcillosa

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

ESTACION	SONDEO N°	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				M.R.B	
4+912	SM 45	128	0-20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	37	11	26	A-2-6(0)	Grava areno arcillosa
		129	20-65	100	100	100	92	100	100	100	100	100	98	88	78	78	29	49	A-2-6(1)	Grava areno arcillosa
		130	65-150	100	100	100	100	79	68	61	61	40	35	27	22	38	19	19	A-2-7(0)	Grava areno arcillosa
5+001	SM 46	131	0-20	100	100	100	100	100	100	90	83	69	63	56	49	33	30	16	A-7-6(9)	suelo arcilloso
		132	20-50	100	100	100	92	90	84	76	59	56	51	35	26	33	28	21	A-2-7(2)	Grava areno arcillosa
		133	50-80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	69	63	56	35	33	23	A-7-6(11)	suelo arcilloso
		134	80-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	74	69	60	20	14	18	A-7-6(11)	suelo arcilloso
5+115	SM 47	135	0-100	100	100	100	92	94	85	75	58	58	51	35	26	33	9	24	A-2-7(2)	Grava areno arcillosa
		136	100-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	86	71	45	10	35	A-7-6(5)	suelo arcilloso
5+225	SM 48	137	0-20	100	100	96	91	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-2-6(2)	Grava areno arcillosa
		138	20-150	100	100	90	82	89	67	79	59	82	81	68	61	20	18	19	A-2-6(0)	Grava areno arcillosa
5+375	SM 49	139	0-150	100	100	100	92	96	93	87	71	65	49	37	21	34	27	2	A-2-4(0)	grava areno limosa
5+475	SM 50	140	0-25	100	100	100	90	88	76	68	66	54	48	37	32	22	17	20	A-2-6(2)	Grava areno arcillosa
		141	25-50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	57	46	33	73	56	33	A-2-7(2)	Grava areno arcillosa
		142	50-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)	suelo arcilloso
5+579	SM 51	143	0-25	100	100	100	88	81	76	71	63	49	43	36	27	36	23	13	A-2-6(2)	Grava areno arcillosa
		144	25-80	100	100	100	93	87	80	74	68	56	46	27	13	39	22	17	A-2-7(3)	Grava areno arcillosa
		145	80-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)	suelo arcilloso
5+679	SM 52	146	0-150	100	100	100	92	96	93	87	71	65	49	37	21	34	27	2	A-2-4(0)	grava areno limosa
5+780	SM 53	147	0-70	100	100	100	90	88	76	68	66	54	48	37	32	22	17	20	A-2-6(0)	Grava areno arcillosa
		148	70-150	100	100	100	100	100	100	90	83	69	63	56	49	33	30	16	A-6(2)	suelo arcilloso
5+881	SM 54	149	0-100	100	100	100	100	94	91	84	71	52	45	33	23	31	9	22	A-2-4(0)	grava areno limosa
		150	100-150	100	100	100	100	100	69	67	61	58	54	49	43	15	16	18	A-7-5(20)	suelo arcilloso
5+980	SM 55	151	0-20	100	100	100	100	100	97	85	69	48	40	30	27	69	30	39	A-7-6(9)	suelo arcilloso
		152	20-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	57	46	33	73	56	33	A-2-7(3)	Grava areno arcillosa

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

ESTACION	SONDEO N°	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION M.R.B	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200					
6+081	SM 56	153	0-60	100	100	100	100	93	78	70	59	44	28	28	22	42	20	22	A-2-7(1)	Grava areno arcillosa
		154	60-150	100	100	100	100	96	90	81	74	62	42	42	33	47	28	19	A-2-7(3)	Grava areno arcillosa
6+181	SM 57	155	0-150	100	100	100	100	98	96	87	72	53	50	40	34	44	19	25	A-2-7(2)	Grava areno arcillosa
6+228	SM 58	156	0-150	100	100	100	100	95	88	77	65	50	44	33	29	38	12	26	A-2-6(0)	Grava areno arcillosa
6+332	SM 59	157	0-150	100	100	100	100	98	90	91	68	52	41	15	9	50	46	4	A-2-5(0)	Grava areno arcillosa
6+439	SM 60	158	0-10	100	100	100	90	75	72	64	56	42	35	19	13	26	16	10	A-2-4(0)	Grava areno limosa
		159	10-40	100	100	100	95	91	85	76	67	54	48	30	21	27	20	7	A-2-4(0)	Grava areno limosa
		160	40-150	100	100	100	100	100	95	91	86	75	71	48	35	38	23	16	A-2-6(1)	Grava areno arcillosa
6+520	SM 61	161	0-40	100	100	100	88	74	62	49	42	30	22	15	11	45	33	12	A-2-7(0)	Grava con arcilla color café claro
		162	40-150	100	100	100	93	81	73	65	60	43	18	14	10	46	32	14	A-2-7(0)	Grava con arcilla color café claro
6-620	SM 62	163	0-60	100	100	100	88	74	62	49	42	30	22	15	11	45	33	12	A-2-7(0)	Grava y arena con arcilla
		164	60-150	100	100	100	93	81	73	65	60	43	18	14	10	46	32	14	A-2-7(0)	Grava , arena, arcilla y limo
6+736	SM 63	165	0-60	100	100	100	88	74	62	49	42	30	22	15	11	45	33	12	A-2-7(0)	Grava y arena con arcilla
		166	60-150	100	100	100	88	74	62	49	42	30	22	15	11	45	33	12	A-2-7(0)	Grava y arena con arcilla
6+824	SM 64	167	0-20	100	100	100	100	93	78	70	59	44	28	28	22	42	20	22	A-2-7(0)	Grava con arcilla color café claro
		168	20-60	100	100	100	100	79	68	61	61	40	35	27	22	38	19	19	A-2-7(0)	Grava con arcilla color café claro
		169	60-150	100	100	100	86	94	85	75	58	58	51	35	26	33	9	24	A-2-7(0)	suelo arcilloso
6+958	SM 65	170	0-60	100	100	100	90	89	67	79	59	82	81	68	61	20	18	19	A-2-7(0)	Grava y arena con arcilla
		171	60-120	100	100	100	94	79	68	61	61	40	35	27	22	38	19	19	A-7-5(14)	Suelo arcilloso
7+053	SM 66	172	0-45	100	100	100	88	74	62	49	42	30	22	15	11	45	33	12	A-2-7(0)	Grava con arcilla color café claro
		173	45-100	100	100	100	88	74	62	49	42	30	22	15	11	45	33	12	A-2-7(0)	Grava con arcilla color café claro
		174	100-150	100	100	100	94	91	84	71	52	45	33	23	31	18	22	15	A-2-7(0)	Limo arenoso con arcilla
7+155	SM 67	175	0-150	100	100	100	100	93	78	70	59	44	28	28	22	42	20	22	A-2-7(0)	Grava y arena coon arcilla
7+252	SM 68	176	0-40	100	100	100	90	89	67	79	59	82	81	68	61	20	18	19	A-2-7(0)	Grava y arena coon arcilla
		177	40-150	100	100	100	94	79	68	61	61	40	35	27	22	38	19	19	A-7-5(14)	suelo arcilloso
7+349	SM 69	178	0-40	100	100	100	93	81	73	65	60	43	18	14	10	46	32	14	A-2-7(0)	Grava y arena coon arcilla
		179	40-90	100	100	100	100	100	100	100	67	59	36	80	29	39	25	20	A-7-5(14)	suelo arcilloso
		180	90-150	100	100	100	100	100	100	100	76	63	47	83	37	43	28	23	A-7-5(14)	suelo arcilloso
7+451	SM 70	181	0-150	100	100	100	93	81	73	65	60	43	18	14	10	46	32	14	A-2-7(0)	Grava y arena coon arcilla
7+550	SM 71	182	0-150	100	100	100	88	74	62	49	42	30	22	15	11	45	33	12	A-2-7(0)	Grava y arena coon arcilla

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

ESTACION	SONDEO N°	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				M.R.B	
7+655	SM 72	183	0-150	100	100	91	85	79	68	61	61	40	35	27	22	38	19	19	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
7+757	SM 73	184	0-45	100	100	91	85	85	79	74	65	67	45	43	39	32	19	17	A-7-6(8)	Grava y arena con arcilla
		185	45-150	100	100	100	95	95	68	69	66	58	56	47	38	22	18	11	A-2-6-(0)	Grava y arena con arcilla
7+832	SM 74	186	0-35	100	100	100	100	94	91	84	71	52	45	33	23	31	9	22	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		187	35-90	100	100	100	100	95	88	77	65	50	44	33	29	38	12	26	A-2-6-(0)	Grava y arena con arcilla
		188	90-150	100	100	100	100	95	88	77	65	50	44	33	29	38	12	26	A-2-6-(0)	Arena con arcilla
7+983	SM 75	189	0-30	100	100	91	85	79	68	61	61	40	35	27	22	38	19	19	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		190	30-150	100	100	100	93	82	73	57	69	50	42	29	24	37	11	28	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
8+129	SM 76	191	0-15	100	100	100	92	96	93	87	71	65	49	37	21	34	27	2	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		192	15-75	100	100	100	93	82	73	57	69	50	42	29	24	37	11	28	A-2-6-(0)	Grava y arena con arcilla
		193	75-150	100	100	100	92	96	93	87	71	65	49	37	21	34	27	2	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
8+230	SM 77	194	0-30	100	100	91	85	79	68	61	61	40	35	27	22	38	19	19	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		195	30-130	100	100	100	100	100	100	90	83	69	63	56	49	33	30	16	A-7-6(8)	Grava y arena con arcilla
		196	130-150	100	100	100	100	100	100	90	83	69	63	56	49	33	30	16	A-7-6(8)	Limo arenoso con arcilla
8+334	SM 78	197	0-40	100	100	100	97	75	79	74	65	67	45	43	39	30	27	23	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		198	40-100	100	100	100	100	94	91	84	71	52	45	33	23	31	9	22	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		199	100-150	100	100	100	100	100	100	90	83	69	63	56	49	33	30	16	A-7-6(8)	Limo arenoso con arcilla
8+434	SM 79	200	0-40	100	100	100	92	96	93	87	71	65	49	37	21	34	27	2	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		201	40-150	100	100	100	97	75	79	74	65	67	45	43	39	30	27	23	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
8+530	SM 80	202	0-15	100	100	100	100	94	91	84	71	52	45	33	23	31	9	22	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		203	15-45	100	100	100	97	75	79	74	65	67	45	43	39	30	27	23	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		204	45-150	100	100	100	93	82	73	57	69	50	42	29	24	37	11	28	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
8+630	SM 81	205	0-150	100	100	91	85	79	68	61	61	40	35	27	22	38	19	19	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
8+730	SM 82	206	0-10	100	100	100	100	94	91	84	71	52	45	33	23	31	9	22	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		207	10-50	100	100	100	93	82	73	57	69	50	42	29	24	37	11	28	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
		208	50-100	100	100	100	93	87	80	74	68	56	46	27	13	39	22	17	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
		209	100-150	100	100	100	93	82	73	57	69	50	42	29	24	37	11	28	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)



ESTACION	SONDEO N°	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				M.R.B	
8+829	SM 83	210	0-25	100	100	100	95	95	68	69	66	58	56	47	38	22	19	11	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		211	25-150	100	100	100	95	95	68	69	66	58	56	47	38	22	19	11	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
8+905	SM 84	212	0-15	100	100	100	100	94	91	86	75	51	45	33	23	33	9	24	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		213	15-150	100	100	100	100	94	91	86	75	51	45	33	23	33	9	24	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
8+981	SM 85	214	0-40	100	100	100	88	74	62	49	42	30	22	15	11	45	33	12	A-2-7(1)	Grava y arena con arcilla
		215	40-70	100	100	100	93	81	73	65	60	43	18	14	10	46	32	14	A-2-7(1)	Grava y arena con arcilla
		216	70-100	100	100	100	100	94	91	86	75	51	45	33	23	33	9	24	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		217	100-150	100	100	100	100	95	88	77	65	50	44	33	29	38	12	26	A-2-4(0)	Arena con arcilla
9+077	SM 86	218	0-50	100	100	100	95	95	68	69	66	58	56	47	38	22	19	11	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		219	50-150	100	100	100	95	95	68	69	66	58	56	47	38	22	19	11	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
9+183	SM 87	220	0-40	100	100	100	95	91	85	76	67	54	48	30	21	27	20	7	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		221	40-150	100	100	100	86	94	85	75	58	58	51	35	26	33	9	24	A-2-7(1)	Grava y arena con arcilla
9+281	SM 88	222	0-20	100	100	100	100	94	91	86	75	51	45	33	23	33	9	24	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		223	20-100	100	100	100	86	94	85	75	58	58	51	35	26	33	9	24	A-2-7(1)	Grava y arena con arcilla
		224	100-150	100	100	100	100	100	90	83	69	63	56	49	33	30	16		A-2-4(0)	Limo arenoso con arcilla
9+378	SM 89	225	0-20	100	100	100	95	95	68	69	66	58	56	47	38	22	19	11	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		226	20-50	100	100	100	86	94	85	75	58	58	51	35	26	33	9	24	A-2-7(1)	Grava y arena con arcilla
		227	50-150	100	100	100	100	100	100	90	83	69	63	56	49	33	30	16	A-2-4(0)	Limo arenoso con arcilla
9+481	SM 90	228	0-15	100	100	100	95	91	85	76	67	54	48	30	21	27	20	7	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		229	15-30	100	100	100	95	95	68	69	66	58	56	47	38	22	19	11	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		230	30-150	100	100	100	95	95	68	69	66	58	56	47	38	22	19	11	A-2-4(0)	Limo arenoso con arcilla
9+586	SM 91	231	0-40	100	100	100	100	94	69	78	75	66	62	58	49	30	17	21	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		232	40-150	100	100	100	95	91	85	76	67	54	48	30	21	27	20	7	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
9+677	SM 92	233	0-30	100	100	100	86	94	85	75	58	58	51	35	26	33	9	24	A-2-7(1)	Grava y arena con arcilla
		234	30-100	100	100	100	86	94	85	75	58	58	51	35	26	33	9	24	A-2-7(1)	Grava y arena con arcilla
		235	100-150	100	100	100	86	94	85	75	58	58	51	35	26	33	9	24	A-2-7(1)	Grava y arena con arcilla
9+774	SM 93	236	0-150	100	100	100	100	94	91	86	75	51	45	33	23	33	9	24	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

ESTACION	SONDEO N°	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				M.R.B	
9+875	SM 94	237	0-25	100	100	100	95	95	68	69	66	58	56	47	38	22	19	11	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		238	25-40	100	100	100	95	95	68	69	66	58	56	47	38	22	19	11	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		239	40-75	100	100	100	95	95	68	69	66	58	56	47	38	22	19	11	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		240	75-150	100	100	100	100	100	69	67	61	58	54	49	43	15	16	18	A-7-5(11)	Suelo arcilloso
9+980	SM 95	241	0-35	100	100	100	92	96	93	87	71	65	49	37	21	34	27	2	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		242	35-120	100	100	100	100	100	69	67	61	58	54	49	43	15	16	18	A-7-5(11)	Suelo arcilloso
		243	120-150	100	100	100	100	100	69	67	61	58	54	49	43	15	16	18	A-7-5(11)	Suelo arcilloso
10+085	SM 96	244	0-35	100	100	100	92	96	93	87	71	65	49	37	21	34	27	2	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		245	35-120	100	100	100	100	100	69	67	61	58	54	49	43	15	16	18	A-7-5(11)	Grava y arena con arcilla
		246	120-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	88	78	80	36	44	A-2-6(0)	Suelos arcilloso
10+199	SM 97	247	0-30	100	100	100	92	96	93	87	71	65	49	37	21	34	27	2	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		248	30-80	100	100	100	100	95	88	77	65	50	44	33	29	38	12	26	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
		249	80-150	100	100	100	100	95	88	77	65	50	44	33	29	38	12	26	A-2-6(0)	Suelos arcilloso
10+304	SM 98	250	0-20	100	100	100	100	95	88	77	65	50	44	33	29	38	12	26	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
		251	20-150	100	100	100	100	95	88	77	65	50	44	33	29	38	12	26	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
10+397	SM 99	252	0-40	100	100	100	100	95	88	77	65	50	44	33	29	38	12	26	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		253	40-150	100	100	100	100	95	88	77	65	50	44	33	29	38	12	26	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
10+494	SM 100	254	0-40	100	100	100	95	91	85	76	67	54	48	30	21	27	20	7	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		255	40-80	100	100	100	95	91	85	76	67	54	48	30	21	27	20	7	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		256	80-150	100	100	100	100	100	69	67	61	58	54	49	43	15	16	18	A-7-5(11)	Suelos arcilloso
10+595	SM 101	257	0-15	100	100	100	95	91	85	76	67	54	48	30	21	27	20	7	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		258	15-30	100	100	100	100	95	88	77	65	50	44	33	29	38	12	26	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
10+701	SM 102	259	0-35	100	100	100	95	91	85	76	67	54	48	30	21	27	20	7	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		260	35-110	100	100	100	100	100	69	67	61	58	54	49	43	15	16	18	A-7-5(11)	Suelos arcilloso
		261	110-150	100	100	100	100	100	69	67	61	58	54	49	43	15	16	18	A-7-5(11)	Suelos arcilloso
10+805	SM 103	262	0-60	100	100	100	95	91	85	76	67	54	48	30	21	27	20	7	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		263	60-150	100	100	100	100	95	88	77	65	50	44	33	29	38	12	26	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
10+901	SM 104	264	0-150	100	100	100	100	100	69	67	61	58	54	49	43	15	16	18	A-7-5(11)	Suelos arcilloso

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

ESTACION	SONDEO N°	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				M.R.B	
11+007	SM 105	265	0-50	100	100	100	90	75	72	64	56	42	35	19	13	26	16	10	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		266	50-150	100	100	100	90	75	72	64	56	42	35	19	13	26	16	10	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
11+105	SM 106	267	0-35	100	100	100	90	75	72	64	56	42	35	19	13	26	16	10	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		268	35-120	100	100	100	93	82	73	57	69	50	42	29	24	37	11	28	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
11+203	SM 107	269	0-20	100	100	100	90	75	72	64	56	42	35	19	13	26	16	10	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		270	20-110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(3)	Suelo arcilloso
		271	110-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(3)	Suelo arcilloso
11+304	SM 108	272	0-20	100	100	100	92	94	85	75	58	58	51	35	26	33	9	24	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		273	20-150	100	100	100	93	82	73	57	69	50	42	29	24	37	11	28	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
11+410	SM 109	274	0-35	100	100	100	92	94	85	75	58	58	51	35	26	33	9	24	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		275	35-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(3)	Suelo arcilloso
11+513	SM 110	276	0-50	100	100	100	97	97	89	86	76	68	66	54	48	33	20	10	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		277	50-150	100	100	100	93	82	73	57	69	50	42	29	24	37	11	28	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
11+616	SM 111	278	0-100	100	100	100	100	95	88	77	65	50	44	33	29	38	12	26	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
		279	100-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(3)	Suelo arcilloso
11+705	SM 112	280	0-15	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(3)	Suelo arcilloso
		281	15-30	100	100	100	93	82	73	57	69	50	42	29	24	37	11	28	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
11+802	SM 113	282	0-100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(3)	Suelo arcilloso
		283	100-150	100	100	100	93	82	73	57	69	50	42	29	24	37	11	28	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
11+917	SM 114	284	0-45	100	100	100	97	97	89	86	76	68	66	54	48	33	20	10	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		285	45-80	100	100	100	97	97	89	86	76	68	66	54	48	33	20	10	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		286	80-120	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(3)	Suelo arcilloso
		287	120-150	100	100	100	100	95	88	77	65	50	44	33	29	38	12	26	A-2-6(0)	Grava y arena con arcilla
12+009	SM 115	288	0-25	100	100	100	97	97	89	86	76	68	66	54	48	33	20	10	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		289	25-50	100	100	100	97	97	89	86	76	68	66	54	48	33	20	10	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla
		290	50-115	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(3)	Suelo arcilloso
		291	115-150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(3)	Suelo arcilloso

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

ESTACION	SONDEO N°	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				M.R.B	
12+111	SM 116	292	0-35	100	100	96	91	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-2-6(0)	Grava y arena arcilloso con limo
		293	35-150	100	100	100	100	100	94	86	75	58	51	35	26	31	9	22	A-2-4(0)	Grava y arena arcilloso con limo
12+206	SM 117	294	0-40	100	100	100	100	100	78	85	65	67	45	43	39	25	22	16	A-2-4(0)	Grava y arena arcilloso con limo
		295	40-150	100	100	96	91	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-2-6(0)	Grava y arena arcilloso con limo
12+258	SM 118	296	0-60	100	100	100	100	100	78	85	65	67	45	43	39	25	22	16	A-2-4(0)	Grava y arena arcilloso con limo
		297	60-150	100	100	100	100	100	78	85	65	67	45	43	39	25	22	16	A-2-4(0)	Grava y arena arcilloso con limo
12+304	SM 119	298	0-150	100	100	100	100	100	78	85	65	67	45	43	39	25	22	16	A-2-4(0)	Grava y arena arcilloso con limo
12+376	SM 120	299	0-40	100	100	96	91	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-2-6(0)	Grava y arena arcilloso con limo
		300	40-100	100	100	96	91	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-2-6(0)	Grava y arena arcilloso con limo
		301	100-150	100	100	100	100	100	94	86	75	58	51	35	26	31	9	22	A-2-4(0)	Grava y arena arcilloso con limo
12+453	SM 121	302	0-150	100	100	96	91	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-2-6(0)	Grava y arena arcilloso con limo
12+508	SM 122	303	0-50	100	100	100	100	100	94	86	75	58	51	35	26	31	9	22	A-2-4(0)	Grava y arena arcilloso con limo
		304	50-80	100	100	96	91	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-2-6(0)	Grava y arena arcilloso con limo
		305	80-150	100	100	100	100	100	100	90	83	69	63	56	49	33	30	16	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
12+550	SM 123	306	0-150	100	100	96	91	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-2-6(0)	Grava y arena arcilloso con limo
12+680	SM 124	307	0-25	100	100	100	100	100	94	86	75	58	51	35	26	31	9	22	A-2-4(0)	Grava y arena arcilloso con limo
		308	25-150	100	100	100	100	100	100	90	83	69	63	56	49	33	30	16	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
12+797	SM 125	309	0-150	100	100	100	100	100	100	90	83	69	63	56	49	33	30	16	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
12+903	SM 126	310	0-30	100	100	100	100	100	94	86	75	58	51	35	26	31	9	22	A-2-4(0)	Grava y arena arcillosa
		311	30-150	100	100	96	91	88	76	80	55	89	79	66	63	15	27	17	A-2-6(0)	Grava y arena arcillosa

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

ESTACION	SONDEO N°	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				M.R.B	
13+001	SM 127	312	0-40	100	100	100	100	98	95	93	90	83	72	47	32	35	26	9	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla limosa
		313	40-90	100	100	100	100	88	81	75	70	60	47	23	13	34	27	7	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla limosa
		314	90-150	100	100	100	100	88	81	75	70	60	47	23	13	34	27	7	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla limosa
13+133	SM 128	315	0-15	100	100	100	84	74	58	48	43	32	22	12	6	32	28	5	A-1-a	Grava y arena
		316	15-150	100	100	100	100	98	95	93	90	83	72	47	32	35	26	9	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla limosa
13-179	SM 129	317	0-25	100	100	100	84	73	58	48	43	32	22	12	6	32	28	5	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
		318	25-60	100	100	100	84	73	58	48	43	32	22	12	6	32	28	5	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
		319	60-150	100	100	100	100	88	81	75	70	60	47	23	13	34	27	7	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla limosa
13+256	SM 130	320	0-15	100	100	100	84	73	58	48	43	32	22	12	6	32	28	5	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
		321	15-75	100	100	100	100	88	81	75	70	60	47	23	13	34	27	7	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla limosa
		322	75-150	100	100	100	100	98	95	93	90	83	72	47	32	35	26	9	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla limosa
13+348	SM 131	323	0-40	100	100	100	84	73	58	48	43	32	22	12	6	32	28	5	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
		324	40-150	100	100	100	84	73	58	48	43	32	22	12	6	32	28	5	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
13+434	SM 132	325	0-15	100	100	100	84	73	58	48	43	32	22	12	6	32	28	5	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
		326	15-150	100	100	100	84	73	58	48	43	32	22	12	6	32	28	5	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
13+561	SM 133	327	0-150	100	100	100	84	73	58	48	43	32	22	12	6	32	28	5	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
13+636	SM 134	328	0-15	100	100	100	100	88	81	75	70	60	47	23	13	34	27	7	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla limosa
		329	15-150	100	100	100	84	73	58	48	43	32	22	12	6	32	28	5	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
13+734	SM 135	330	0-80	100	100	100	100	98	95	93	90	83	72	47	32	35	26	9	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla limosa
		331	80-150	100	100	100	100	88	81	75	70	60	47	23	13	34	27	7	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla limosa
13+825	SM 136	332	0-30	100	100	100	84	73	58	48	43	32	22	12	6	32	28	5	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
		333	30-150	100	100	100	100	98	95	93	90	83	72	47	32	35	26	9	A-2-4(0)	Grava y arena con arcilla limosa
13+925	SM 137	334	0-150	100	100	100	84	73	58	48	43	32	22	12	6	32	28	5	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

ESTACION	SONDEO N°	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				M.R.B	
14+011	SM 138	335	0-15	100	100	100	60	49	43	36	33	26	18	9	4	34	27	7	A-2-4(0)	Grava y arena,arcilloso limoso
		336	15-150	100	100	100	97	83	79	72	65	48	29	12	5	34	30	4	A-1-a	Fragmentos de Roca, grava y arena
14+115	SM 139	337	0-150	100	100	100	60	49	43	36	33	26	18	9	4	34	27	7	A-2-4(0)	Grava y arena,arcilloso limoso
14+211	SM 140	338	0-150	100	100	100	97	83	79	72	65	48	29	12	5	34	30	4	A-1-a	Fragmentos de Roca, grava y arena
14+317	SM 141	339	0-150	100	100	100	60	49	43	36	33	26	18	9	4	34	27	7	A-2-4(0)	Grava y arena,arcilloso limoso
14+424	SM 142	340	0-150	100	100	100	60	49	43	36	33	26	18	9	4	34	27	7	A-2-4(0)	Grava y arena,arcilloso limoso
14+512	SM 143	341	0-40	100	100	100	60	49	43	36	33	26	18	9	4	34	27	7	A-2-4(0)	Grava y arena,arcilloso limoso
		342	40-150	100	100	100	97	83	79	72	65	48	29	12	5	34	30	4	A-1-a	Fragmentos de Roca, grava y arena
14+607	SM 144	343	0-150	100	100	100	97	83	79	72	65	48	29	12	5	34	30	4	A-1-a	Fragmentos de Roca, grava y arena
14+702	SM 145	344	0-120	100	100	100	100	98	96	93	91	84	71	44	27	40	28	11	A-2-6(0)	Grava y arena,arcilloso limoso
		345	120-150	100	100	100	100	98	96	93	91	84	71	44	27	40	28	11	A-2-6(0)	Grava y arena,arcilloso limoso
14+785	SM 146	346	0-110	100	100	100	60	49	43	36	33	26	18	9	4	34	27	7	A-2-4(0)	Grava y arena,arcilloso limoso
		347	110-150	100	100	100	60	49	43	36	33	26	18	9	4	34	27	7	A-2-4(0)	Grava y arena,arcilloso limoso
14+877	SM 147	348	0-35	100	100	100	100	98	96	93	91	84	71	44	27	40	28	11	A-2-6(0)	Grava y arena limosa
		349	35-90	100	100	100	97	83	79	72	65	48	29	12	5	34	30	4	A-1-a	Fragmentos de Roca, grava y arena
		350	90-150	100	100	100	97	83	79	72	65	48	29	12	5	34	30	4	A-1-a	Fragmentos de Roca, grava y arena
14+957	SM 148	351	0-15	100	100	100	97	83	79	72	65	48	29	12	5	34	30	4	A-1-a	Fragmentos de Roca, grava y arena
		352	15-150	100	100	100	97	83	79	72	65	48	29	12	5	34	30	4	A-1-a	Fragmentos de Roca, grava y arena

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

ESTACION	SONDEO N°	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				M.R.B	
15+042	SM 149	353	0-40	100	100	100	87	76	73	66	63	55	42	26	17	42	34	9	A-2-5(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		354	40-150	100	100	100	80	65	61	53	39	40	30	19	11	34	29	4	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
15+132	SM 150	355	0-40	100	100	100	87	76	73	66	63	55	42	26	17	42	34	9	A-2-5(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		356	40-100	100	100	100	87	76	73	66	63	55	42	26	17	42	34	9	A-2-5(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		357	100-150	100	100	100	87	76	73	66	63	55	42	26	17	42	34	9	A-2-5(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
15+199	SM 151	358	0-150	100	100	100	80	65	61	53	39	40	30	19	11	34	29	4	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
15+256	SM 152	359	0-40	100	100	100	80	65	61	53	39	40	30	19	11	34	29	4	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
		360	40-115	100	100	100	87	76	73	66	63	55	42	26	17	42	34	9	A-2-5(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		361	115-150	100	100	100	87	76	73	66	63	55	42	26	17	42	34	9	A-2-5(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
15+333	SM 153	362	0-150	100	100	100	100	100	97	96	95	92	81	58	41	45	35	11	A-7-5(2)	Suelo arcilloso
15+400	SM 154	363	0-40	100	100	100	80	65	61	53	39	40	30	19	11	34	29	4	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
		364	40-150	100	100	100	100	100	97	96	95	92	81	58	41	45	35	11	A-7-5(2)	Suelo arcilloso
15+467	SM 155	365	0-35	100	100	100	87	76	73	66	63	55	42	26	17	42	34	9	A-2-5(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		366	35-70	100	100	100	87	76	73	66	63	55	42	26	17	42	34	9	A-2-5(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		367	70-150	100	100	100	80	65	61	53	39	40	30	19	11	34	29	4	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
15+536	SM 156	368	0-70	100	100	100	80	65	61	53	39	40	30	19	11	34	29	4	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
		369	70-150	100	100	100	100	100	97	96	95	92	81	58	41	45	35	11	A-7-5(2)	Suelo arcilloso
15+603	SM 157	370	0-35	100	100	100	80	65	61	53	39	40	30	19	11	34	29	4	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
		371	35-150	100	100	100	100	100	97	96	95	92	81	58	41	45	35	11	A-7-5(2)	Suelo arcilloso
15+669	SM 158	372	0-70	100	100	100	80	65	61	53	39	40	30	19	11	34	29	4	A-1-a	Fragmentos de Roca,grava y arena
		373	70-150	100	100	100	100	100	97	96	95	92	81	58	41	45	35	11	A-7-5(2)	Suelo arcilloso
15+737	SM 159	374	0-70	100	100	100	100	100	97	96	95	92	81	58	41	45	35	11	A-7-5(2)	Suelo arcilloso
		375	70-130	100	100	100	100	100	97	96	95	92	81	58	41	45	35	11	A-7-5(2)	Suelo arcilloso
		376	130-150	100	100	100	100	100	97	96	95	92	81	58	41	45	35	11	A-7-5(2)	Suelo arcilloso

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

ESTACION	SONDEO N°	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				M.R.B	
15+804	SM 160	377	0-35	100	100	100	100	85	78	70	65	54	43	26	16	36	27	10	A-2-4(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		378	35-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	36	44	28	17	A-7-6(7)	suelo arcilloso
15+872	SM 161	379	0-80	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	36	44	28	17	A-7-6(7)	suelo arcilloso
		380	80-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	36	44	28	17	A-7-6(7)	suelo arcilloso
15+940	SM 162	381	0-50	100	100	100	100	85	78	70	65	54	43	26	16	36	27	10	A-2-4(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		382	50-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	36	44	28	17	A-7-6(7)	suelo arcilloso
16+007	SM 163	383	0-70	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	36	44	28	17	A-7-6(7)	suelo arcilloso
		384	70-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	36	44	28	17	A-7-6(7)	suelo arcilloso
16+074	SM 164	385	0-40	100	100	100	100	85	78	70	65	54	43	26	16	36	27	10	A-2-4(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		386	40-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	36	44	28	17	A-7-6(7)	suelo arcilloso
16+141	SM 165	387	0-80	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	36	44	28	17	A-7-6(7)	suelo arcilloso
		388	80-150	100	100	100	100	85	78	70	65	54	43	26	16	36	27	10	A-2-4(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
16+210	SM 166	389	0-30	100	100	100	100	85	78	70	65	54	43	26	16	36	27	10	A-2-4(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		390	30-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	36	44	28	17	A-7-6(7)	suelo arcilloso
16+277	SM 167	391	0-40	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	36	44	28	17	A-7-6(7)	suelo arcilloso
		392	40-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	36	44	28	17	A-7-6(7)	suelo arcilloso
16+345	SM 168	393	0-20	100	100	100	100	85	78	70	65	54	43	26	16	36	27	10	A-2-4(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		394	20-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	36	44	28	17	A-7-6(7)	suelo arcilloso
16+411	SM 169	395	0-30	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	36	44	28	17	A-7-6(7)	suelo arcilloso
		396	30-120	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	36	44	28	17	A-7-6(7)	suelo arcilloso
16+475	SM 170	397	0-30	100	100	100	100	85	78	70	65	54	43	26	16	36	27	10	A-2-4(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		398	30-120	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	36	44	28	17	A-7-6(7)	suelo arcilloso

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)



ESTACION	SONDEO N°	MUESTRA	PROF (m)	% QUE PASA POR TAMIZ												L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION	TIPO DE MATERIAL
				3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				M.R.B	
16+542	SM 171	399	0-30	100	100	100	100	85	78	70	65	54	43	26	16	36	27	10	A-2-4(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		400	30-100	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	46	44	28	17	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
		401	100-150																	Roca basáltica
16+611	SM 172	402	0-25	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	46	44	28	17	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
		403	25-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	46	44	28	17	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
16+670	SM 173	404	0-20	100	100	100	100	85	78	70	65	54	43	26	16	36	27	10	A-2-4(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		405	20-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	46	44	28	17	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
16+737	SM 174	406	0-30	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	46	44	28	17	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
		407	30-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	46	44	28	17	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
16+799	SM 175	408	0-20	100	100	100	100	85	78	70	65	54	43	26	16	36	27	10	A-2-4(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		409	20-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	46	44	28	17	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
16+866	SM 176	410	0-30	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	46	44	28	17	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
		411	30-100	100	100	100	100	85	78	70	65	54	43	26	16	36	27	10	A-2-4(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		412	100-150																	Roca basáltica
16+934	SM 177	413	0-25	100	100	100	100	85	78	70	65	54	43	26	16	36	27	10	A-2-4(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		414	25-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	46	44	28	17	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
17+001	SM 178	415	0-30	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	46	44	28	17	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
		416	30-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	46	44	28	17	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
17+067	SM 179	417	0-30	100	100	100	100	85	78	70	65	54	43	26	16	36	27	10	A-2-4(0)	Grava y arena, arcilloso limoso
		418	30-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	46	44	28	17	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
17+135	SM 180	419	0-25	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	46	44	28	17	A-7-6(7)	Suelo arcilloso
		420	25-150	100	100	100	100	96	95	94	93	88	76	51	46	44	28	17	A-7-6(7)	Suelo arcilloso

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carretera u obras S.A (EDICRO S.A)

**Tabla 33. Resultados de CBR por índice de grupo**

SONDEOS DE LINEA DE ACUERDO A AGRUPACIÓN							
Grupo #	Clasificación HRB	Densidad Máx. kg/m <sup>3</sup>	Húmedad óptima %	Peso volumétrico Reprod kg/m <sup>3</sup>	Compact Reprod %	Valor CBR	Hinchamiento %
1	A-2-4 (0)	1893	13.9	1704	90	9	0.2931
				1798	95	21	0.1563
				1893	100	25	0.0967
2	A-2-5 (0)	1621	18	1459	90	7	0.508
				1540	95	9	0.4689
				1621	100	15	0.3908
3	A-2-6 (1)	1626	21.6	1463	90	5	0.762
				1545	95	7	0.4689
				1626	100	10	0.4298
4	A-2-7 (1)	1805	13.8	1624	90	8	0.762
				1715	95	17	0.5471
				1805	100	27	0.3908
5	A-4 (0)	1846	17.3	1661	90	5	1.0746
				1754	95	7	0.9767
				1846	100	9	0.8792
6	A-5 (3)	1324	31.3	1192	90	3	0.233
				1258	95	5	0.1871
				1324	100	5	0.0991
7	A-6- (8)	1613	17.9	1452	90	7	0.5862
				1532	95	17	0.5275
				1613	100	23	0.3931
8	A-7-5 (20)	1248	32.3	1123	90	2	4.4548
				1186	95	2	4.2398
				1248	100	2	3.9076
9	A-7-6 (10)	1521	23.9	1369	90	4	3.2238
				1445	95	9	3.1216
				1521	100	12	3.0284

SONDEOS DE LINEA DE ACUERDO A AGRUPACIÓN							
Grupo #	Clasificación HRB	Densidad Máx. kg/m3	Humedad óptima %	Peso volumétrico reprod kg/m3	Compact Reprod %	Valor CBR	Hinchamiento %
10	A-1-b (0)	1902	12.5	1712	90	11.1	0
				1807	95	25.4	0
				1909	100	30.1	0
11	Sonsocuite	1310	31.6	1179	90	1	5.8615
				1244	95	1	5.2753
				1310	100	2	4.6892
12	A-2-4 (10)	1872	12	1684	90	7	0.49
				1778	95	16	0.37
				1872	100	21	0.21
13	A-2-6 (0)	1501	25.1	1351	90	7	0.48
				1426	95	12	0.42
				1501	100	21	0.12
14	A-2-7 (0)	1708	19.9	1537	90	8	0.34
				1623	95	16	0.1
				1708	100	19	0.12
15	A-6- (18)	14130	31	1287	90	7	0.7
				1358	95	8	0.56
				1430	100	9	0.48
16	A-7-5 (20)	1250	29.5	1125	90	5	0.8
				1187	95	6	0.7
				1250	100	8	0.6
17	A-7-6 (20)	1385	28.2	1246	90	4	12.4
				1316	95	7	12
				1385	100	9	11
18	A-2-4(0)	1883	12.95	1695	90	8	0.3916
				1789	95	18	0.2632
				1883	100	25	0.1534

SONDEOS DE LINEA DE ACUERDO A AGRUPACIÓN							
Grupo #	Clasificación HRB	Densidad Máx. kg/m3	Humedad óptima %	Peso volumétrico reprod kg/m3	Compact Reprod %	Valor CBR	Hinchamiento %
19	A-2-6	1564	23.3	1408	90	5	0.621
				1486	95	10	0.4545
				1564	100	16	0.2749
20	A-2-7 (3)	1757	16.78	1581	90	8	0.551
				1669	95	17	0.3236
				1757	100	23	0.2554
21	A-7-5	1249	30.9	1124	90	2	48.065
				1187	95	2	44.987
				1249	100	3	41.03
22	A-7-6	1453	26	1308	90	3	22.319
				1380	95	6	21.208
				1453	100	8	20.642
23	A-1-a (0)	2145	7.1	1931	90	35	0
				2038	95	65	0
				2145	100	122	0
24	A-2-4	1970	12.2	1773	90	6	0.7
				1872	95	15	0.9
				1970	100	30	0.11
25	A-2-5	1970	11	1773	90	8	0.02
				1872	95	20	0.04
				1970	100	32	0.06
26	A-2-6 (0)	1940	10	1746	90	5	0.08
				1843	95	13	0.07
				1940	100	33	0.09
27	A-7-5	1407	32.8	1263	90	2	0.37
				1337	95	3	0.39
				1407	100	5	0.41
28	A-7-6	1407	32.8	1263	90	2	0.37
				1337	95	3	0.39
				1407	100	5	0.41

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carreteras y Obra S.A (EDICRO S.A)


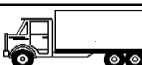










Tabla 34. Resultados de ensayos de los Bancos de Materiales

RESULTADOS DE LABORATORIO														
CBR	% QUE PASA POR TAMIZ											L.L	I.P	CLASIFICACION
95%	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200	%	%	AASHTO
BANCO DE MATERIALES "EL QUIÑASON"														
89.2	100	100	100	100	100	100	95	67	74	23	13	N.P	N.P	A-1-b
BANCO DE MATERIALES "EL COYOL"														
63.7	100	100	80	65	61	53	49	40	30	21	12	34	4	A-1-a

PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE LOS MATERIALES									
BANCO	P.V.S.S (kg/m³ )	P.V.S.C (kg/m³ )	P.V.S Max. (kg/m³ )	Humedad Óptima (%)	Volumen explotable	CBR			Uso Recomendado
						90%	95%	100%	
BANCO EL QUIÑASON	1,738	1,910	2,350	N.P	23,000 m³	74.6	89.2	96.3	Base Granular
BANCO EL COYOL	1,354	1,536	2,010	4	43,028.32 m³	59.2	63.7	71.8	Sub-base

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de carreteras y Obra S.A (EDICRO S.A)

**Figura 5. Diagrama de cargas permisibles aplicadas en los puntos de control**

PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS								
TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50
NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna. a : Eje sencillo llanta sencilla. b : Eje sencillo llanta doble.								

Fuente: Anuario de aforos de tráfico 2011. Pág. 28.

**Tabla 35. Pesos máximos permisibles por Tipos de vehículos**

Tipo de Vehículo	Peso por eje en TON	Peso por eje en Lbs
AUTOMOVIL	1/1	2200/2200
JEEP	1/1	2200/2200
CAMIONETA	1/2	2200/4400
MC-15	2/4	4400/8800
MC-12-30	4/8	8800/17600
C2-LIV	4/8	8800/17600
BUS = C2	5/10	11000/22000

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI

**Tabla 36. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples,  $p_t = 2$ , SN= 5**

Carga p/eje (kips) <sup>6</sup>	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos SIECA. Capítulo3. Pág. 6.

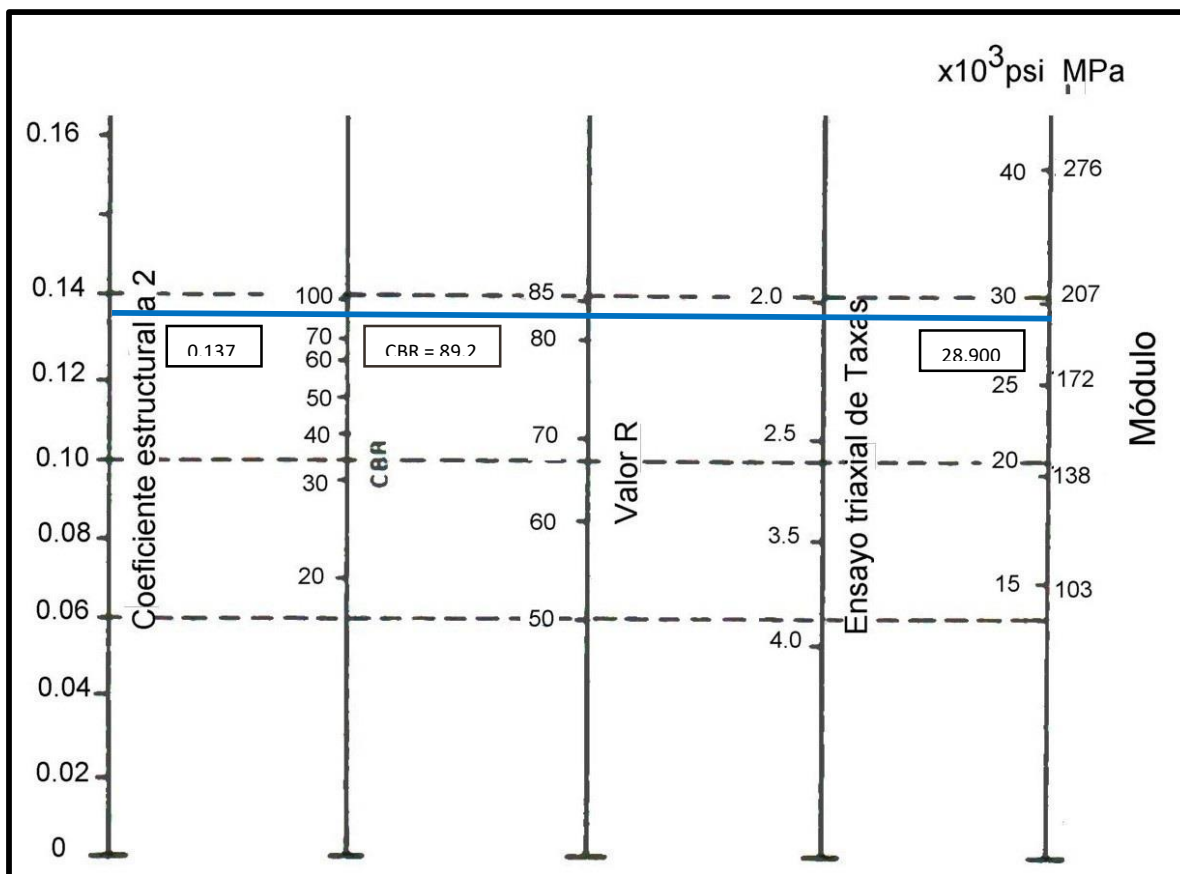


**Tabla 37: Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles, Ejes Tándem,  $\rho_t = 2$ , SN= 5**

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	0.066	0.077	0.081	0.075	0.069	0.066
20	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231
26	0.322	0.340	0.360	0.353	0.338	0.329
28	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455
30	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

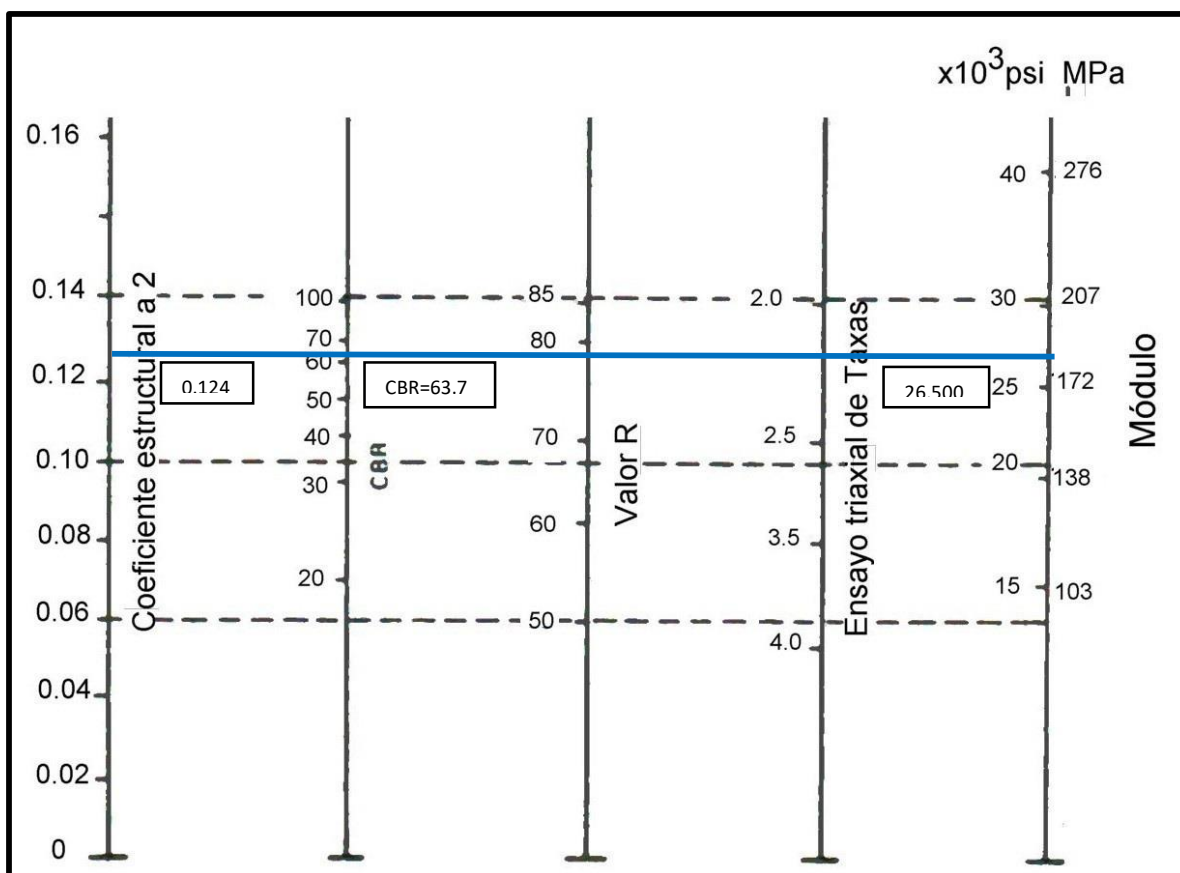
Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos SIECA. Capítulo3. Pág. 7.

**Figura 6. Nomograma Relación entre el Coeficiente Estructural para Base Granular y distintos Parámetros Resistentes**



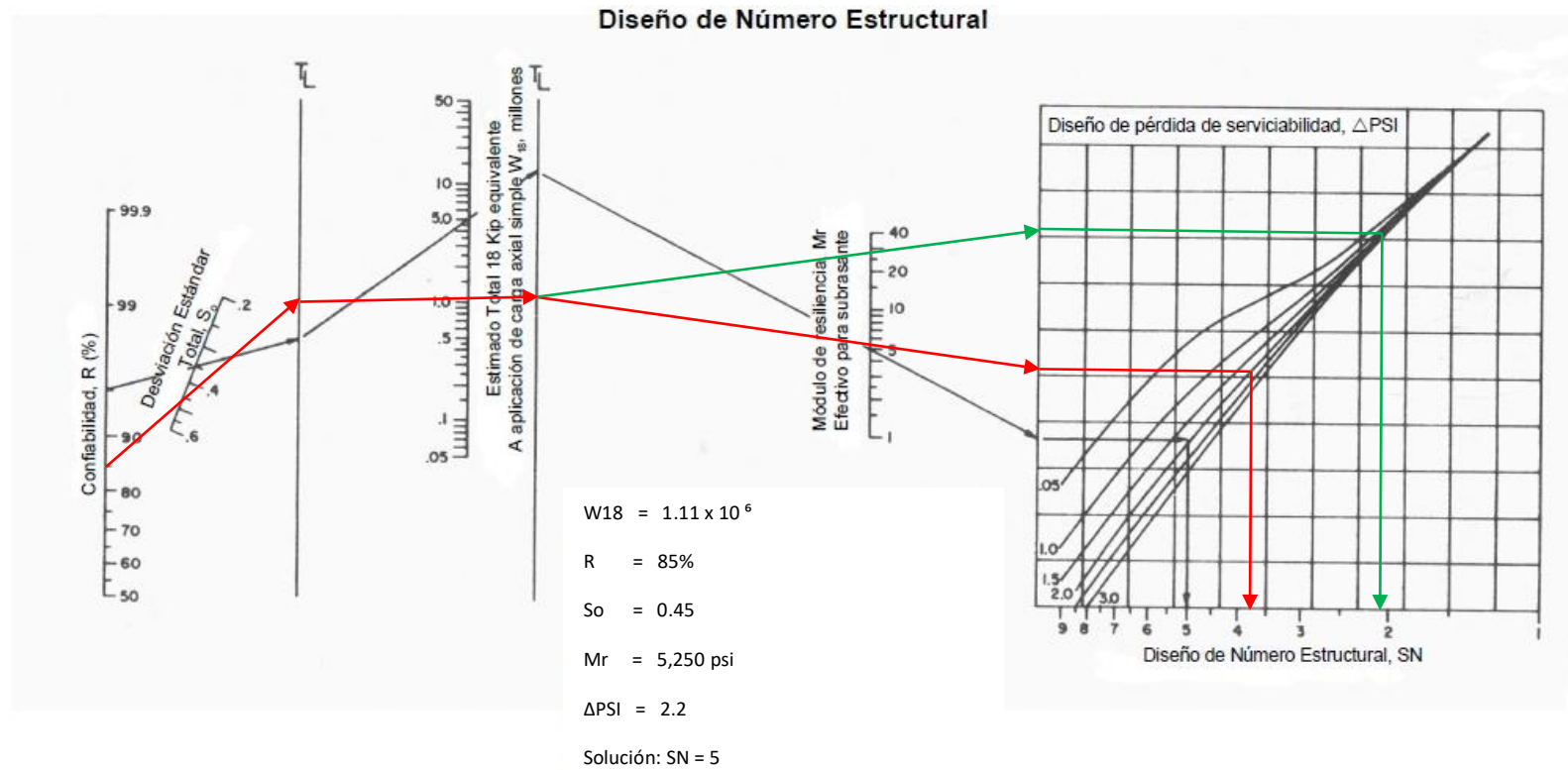
Fuente: Guía de Diseño para Pavimentos. AASHTO 93, Cap. 3, pág. 35

**Figura 7. Nomograma Relación entre el Coeficiente Estructural para Sub-Base y distintos Parámetros Resistentes.**



Fuente: Guía de Diseño para Pavimentos. AASHTO 93, Cap. 3, pág. 35

Figura 8. Diseño del Numero Estructural SN



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993